



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikakolledž

Tanel Tähtjärv

PUTUKATÕRJE DROON

PEST CONTROL DRONE

Rakenduskõrghariduse lõputöö
tehnotroonika erialal

Juhendaja: lektor Hardi Hõimoja, PhD

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Rakenduskõrghariduse lõputöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		lühikokkuvõte	
Autor: Tanel Tähtjärv		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: Putukatõrje droon			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 29	Tabeleid: 3	Lisasid: 3
Osakond: Tehnikakolledž			
Uurimisvaldkond: Mehhatroonika			
Juhendaja: Hardi Hõimoja			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017			
<p>Igasuviselt inimestele probleeme tekitavate herilaste ja vaablaste tõrje on küllaltki ajamahukas ja nõuab tihti kõrgustesse ronimist.</p> <p>Käesoleva lõputöö eesmärgiks on projekteerida autonoomne pritsesüsteem, mida on võimalik paigaldada turul saada oleva drooni külge. Drooni tõrje objektideks on herilaste ja vaablaste pesad, mis asuvad kõrgemates ja mitte nii ligipääsetavates kohtades.</p> <p>Töös tutvustatakse tõrjeobjekte ja nende eluviise, samuti tuuakse välja, milliseid tõrjumisviise on nende tõrjeks loodud ja kui efektiivne on neid kasutada. Pritseseadme projekteerimisel arvestati nii mehaanilisi kui ka elektroonilisi aspekte, et luua prototüüp, millega katsepritsimisi teostada. Töö tulemusena projekteeriti seadmele vajalikud konstruktsioonid ja elektroonika skeemid. Prototüübi valmistamiseks vajalikud tehnilised joonised on väljatoodud töö lisas.</p> <p>Lõputöös püstitatud eesmärgid said täidetud. Edaspidi keskendutakse prototüübi tootmisele.</p>			
Märksõnad: kaugjuhtimine, droon, herilased, pritseagregaat			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of professional higher education thesis	
Author: Tanel Tähtjäev		Speciality: Tehnotronics	
Title: Pest control drone			
Pages: 41	Figures: 29	Tables: 3	Appendixes: 3
Department: Technology College Field of research: Mechatronics Supervisors: Hardi Hõimoja Place and date: Tartu 2017			
<p>The purpose of the project was to develop a pest control drone. Final thesis has been divided to three parts. The first was to study the problem, how the wasps and hornets live and why the pest control drone is a good solution.</p> <p>The second purpose was to find a proper drone on the market that can carry the payload and has sufficient flight time to fly into the right place.</p> <p>In the third part author designed prototype figures and electrical scheme for the pest control system that is meant to be attached above and below the drone.</p> <p>During the thesis author studied the basic of wasp life, made first prototype of the remote control for the pest control machine on the drone. Author designed figures that helped to create the first prototype of this sort of pest control drone.</p>			
Keywords: remote control, drone, electrical design, ATmega 328P, mechanical design, pest repellent			

TÄHISED JA LÜHENDID

ASP- andmesideprotokoll

AVR- Harvardi ülikoolis väljatöötatud mikrokontrolleri tüüp.

EEPROM- *ing.k Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* –elektriliselt kustutatav programmeeritav lugemiskaitstud mälu

LCD- *ing.k Liquid Crystal Display* vedelkristallekraan

LDO- *ing.k Low-dropout regulaator*- Pingeregulaator

LED- valgusdiod

RISC- *ing.k reduced instruction set computer*- vähendatud käsustikuga mikrokontroller

SRAM- *ing.k Static Random Access Memory* – staatiline juhupöördlusegamälu

ULV- *ing.k Ultra Low Volume fogging* – Üliväikeste piiskade tootmine

WiFi- Sertifitseeritud traadita kohtvõrk

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	7
1. TÕRJEOBJEKTID.....	9
1.2 Herilaste toitumine	11
1.3 Tõrjeviisid herilaste näitel.....	11
2. MIS ON DROON.....	13
2.1 Ajalugu.....	13
3. PROBLEEMI LAHENDUS.....	15
3.1 <i>Tarot FY 680 pro</i>	15
4. MEHAANIKAOSA PROJEKTEERIMINE	17
4.2 Mürgipaak	19
4.3 Drooni alla kinnituv konstruktsioon.....	20
4.4 Juhtelektroonika karp	21
4.5 Kateeter	21
4.6 Droonipealne kinnituskonstruktsioon	22
4.7 Propellerite kaitsepiirete prototüüp	23
4.8 Puldi korpus.....	24
5. ELEKTROONIKAOSA PROJEKTEERIMINE.....	26
5.1 Nõuded elektroonikale	26
5.2 Pump.....	27
5.3 Kateetri tõstemootor.....	27
5.4 Saatja/vastuvõtja.....	28
5.5 Puldi prototüüp.....	29
5.6 Protsessor ATmega 328 P.....	33
5.7 Pritseagregaadi juhtseade	33
5. 8 Rõhuandur	36
5.9 Kateetri kaamera	36

6. Töötava prototüübi loomine	37
KOKKUVÕTE.....	38
Kasutatud kirjandus.....	39
Summary	41
LISA	42
Lisa A Tehnilised joonised.....	43

SISSEJUHATUS

Soojemate ilmade saabudes muutuvad putukad aktiivsemaks. Mõned neist on tülikad ja mõned võivad olla isegi ohtlikud. Tüütuteks ja samas üsna ohtlikuteks putukateks peetakse herilasi ja vaablasi. Neil kiletiivalistel putukatel on kombeks soojal ajal kippuda inimeste meelisaladele, proovides maitsta suhkruid sisaldavaid sööke ja jooke või siis pidada jahti väiksematele putukatele. Tahes tahtmata reageerib inimene sellele ründavalt, mis omakorda ärritab putukat ning ta kasutab enesekaitseks mürgiastelt. Nõelamise tulemusena tekib inimesel sügelust tekitav põletiku kolle. Allergilistel inimestel toob see esile aga anafülaktiline šokki[24], mis võib ebapiisava abi korral viia surmani.

Kuna herilaste ja vaablaste tõrjeks ei piisa üksikisendite tapmisest, sest nad elavad kolooniates, siis tuleb leida üles nende pesad ja need hävitada. Sageli asuvad need aga kõrgetes kohtades nagu puude ladvad, puude tüved, katusealused ja räästaalused. Pesade efektiivseks tõrjeks on vaja pääseda neile võimalikult lähedale, et mürki pritsida piisava ulatusega. Antud töö jaoks peab kasutama redeleid, korvtõstukit või kergtellinguid.

Käesoleva projekti eesmärgiks on projekteerida pritseseadeldis droonile, mida on võimalik lennutada pesani ja siis teostada tõrje. Selle lahendusega luuakse aegasäästev ja alternatiivne viis putukatõrje maailmas.

Putukatõrje drooni projekteerimiseks püstitati järgmised ülesanded:

- projekteerida automatiseeritud ja kaugelt juhitud pritseautomaatika koos taastäidetava paagiga
- projekteerida pritse kateeter koos liigutava mehhanismi ja kaameraga, et pääseda ligi rohkematele kolooniatele erinevates rasketes kohtades
- valida projekti jaoks võimalikult kerged materjalid, mis ei viiks süsteemi kogukaalu üle 1,5 kg
- leida turul saadaolevatest sobiv droon, mille külge oleks seadet mugav paigaldada ja mis oleks võimeline kandma teatud aeg lisaraskust.
- mürgipaagi mahtuvus ei tohi olla väiksem kui 400 ml, et tõrje teostus oleks efektiivne.

Käesolev projekt oleks uudne Eesti turul ja pakuks konkurentsi juba loodud seadmetele mujal maailmas. Lisaks putukatõrjele annaks drooni kasutamine ka muid väljundeid sellega tegelevatele firmadele, nagu tülikate lindude seire ja muu taoline, milleks on vaja õhuvaatlust. Antud projekt koosneb kahest osast. Esimeses osas tutvustatakse probleemi ja püstitatakse töö

eesmärk. Teine osa kirjeldab loodava seadme koostisosasid, materjale ja mehaanilist ning elektroonilist lahendust.

1. TÕRJEOBJEKTID

Herilane on kiletiivaliste seltsi ja astlaliste ning rippkehaliste alamseltsi lendav putukas. Samasse kategooriasse kuulub ka sipelgas ja mesilane. Eestis pesitsevad herilased kuuluvad põhiliselt volterherilaste (*Vespidae*) sugukonda, mis omakorda jaguneb veel alamsugukondadeks. Kõikidele neile on iseäralik muneda kambris enne, kui hakkavad tooma saaki. See iseärasus on evolutsiooniliselt teinud nad ühiselulise eluviisiga putukateks. [1]

Eestis on laialt levinud üheks herilase liigiks on ühisherilased (*Vespinae*). Oma enamiku aktiivsest eluperioodist elavad nad peredena, kus on üks ema ja väike hulk töölisi. Tööliste ülesandeks on pesa ehitamine, toidu hankimine ja kasvava põlvkonna eest hoolitsemine. Pesa ehitamiseks kasutavad nad paberit. Selle tootmine käib sarnaselt tavalise paberi tootmisele: herilane kisub lõugadega puidu kiude ja hõõrub selle peeneks, niisutades vee ja kleepuva süljega, nii et pärast kuivamist saadakse kohev paberimass. [1]

Ühisherilase arengutsükkel on järgmine: ema ronib talvituskohast välja ja suundub otsima sobivat pesapaika. Seal ehitab kõigepealt mõne kambri, mis on liidetud ovaalse kärje kujul ja ripub samast paberist jalakese abil oksale või varjekoha lakke. Igas kambris on üks muna. Koorunud vastseid toidab herilane suust läbimälutud putukate kotlettidega. Kannude avad on suunatud alla poole ja vastsed ripuvad neis pea alaspidi, sest sellisele toitumisele kaasneb paratamatult toidu pudenemine. [1]

Enne nukkumist põimivad vastsed iseseisvalt kambri tihedalt pärgamenditaolise võrgendiga kinni. Kui nukkudest väljuvad esimesed töölised siis lõpetab ema saagi püüdmise ja keskendub munemisele. Töölised viivad lõpule pesaehituse ja hakkavad uutele vastsetele ning emale toitu tooma. Ühisherilased toituvad k peaaegu kõigest, mis lendab või roomab: kärbsed, mesilased, röövikud, tiivulised sipelgad. Saagi tapab ta astla torkega või lõugadega ja närib sealsamas katki. Selle viivad nad pessa emale ja vastsetele toiduks. Ise herilase lihatoitu ei vaja vaid nad toituvad lillenektarist ja teistest magusatest ainetest. Toitmisel on aga ühisherilasel kasu see, sest vastsed ajavad suust välja magusa vedeliku tilgakesi, mille herilased ära lakuvad. Ühiseluliste kiletiivaliste seas on laialt levinud polüteism, ehk et igal isendil on sünnist surmani kindel ülesanne. Ühisherilastel see nii arenenud ei ole. Nende töölised täidavad pesas mitmed funktsioone. Näiteks ema surma korral hakkavad nad ise munema. Töölisherilase ema erineb tavaherilasest ainult mõõtmete poolest. [1]

Sügisel ei välju pesast enam töomesilased, vaid uued noored ema- ja isaherilased. Toimub paarumine, pärast mida isaherilane hukkub. Ema poeb varjulisse kohta näiteks puulõhe või muu taoline koht. Enne külmade tulekut lõpetavad tööliselised röövlennud ja hävitavad allesjäänud vastsed ja nukud. Peagi hukkuvad nad ka ise. [1]

Suurem kui herilane on vapsik (*Vespa crabo*), rahvakeeli ka vaablane. Vapsikud närivad noortelt kaseokstelt koort ja ehitavad pesa. Sellest tulenevalt on pesa pruun mitte hall nagu ühisherilasel. Pesa teevad nad omale puuõõnsustesse, koobastesse ja muudesse õõnsustesse. Vapsikud kleebivad kinni oma pesa seinad ja müürivad kinni kõik praod ja avaused, jättes ainult sissekäiguava. Suurematel pesadel on kuus kõrgedest koosnevat korrust. [1]

Tuntud Eestis pesitsev herilane on ka metsa-herilane, kes ehitab oma pesad puude ja põõsaste okstele või ka majade pööningutele. Pesa on kaetud mitmekihilise kestaga ja sees asetsevad kambrikestest korrused. Pesa mõõtmed on varieeruvad, võivad kasvada inimese pea suuruseks. Herilaste jaoks on pesa esmatähtis, seega juba rajatud pesast neid eemale peletada ei saa - see tähendaks pesakonna hukku. [2]



Joonis 1.1. Herilase pesa räästa all [5]

1.2 Herilaste toitumine

Herilasi meelitab toit. Valmikumid vajavad elutegevuseks energiat, mida nad saavad suhkrutest. Suhkur ise ei lõhna, aga suhkru lagunemisel tekib mitmeid lõhnavaid komponente, mille järgi putukas tuvastab suhkrurikka aine. Seepärast tulevad nad kohale, kui miski käärib - alkohol neid ei huvita aga nii tunnevad nad ära suhkru olemasolu. On ka muid lõhnavaid komponente, mis kaasnevad suhkrutega ja meelitavad herilasi, näiteks meelitab neid mee lõhn. Herilaste vastsed vajavad arenguks valku ja seepärast varutakse neile liha. Enamasti kütivad herilased loodusest putukaid, kuid nad võivad ka surnud loomadest tükikesi pessa viia.

Osad herilased on rohkem või vähem öise eluviisiga ning neid meelitab ka tehisvalgus. Pesa kasvab suve jooksul eksponentsiaalselt, kuni suve teises pooles toodetakse uus põlvkond suguisendeid ja ring hakkab otsast peale.

1.3 Tõrjeviisid herilaste näitel

Kui pesa on ohustatud, nad pigem kaitsevad seda, kui jätavad maha. Peletamiseks saab kasutada lenduvaid kemikaale ja mürke, aga pesakonda sellega minema ajada ei saa. Kui mürk hajub, naasevad nad pessa või kui rohkem mürki kasutada, siis saab pesa lihtsalt hukka. Pesast eemal võib askeldavat herilast peletada samuti mürgiga või niisama vehkides, kuid sel pole püsivat mõju. Pesast väljaspool ei ole herilased agressiivsed, nad pigem väldivad konflikte ja tegelevad oma toimetustega. Seda juhul, kui nendele ei tehta füüsiliselt haiget.

Herilaste tõrjeks kasutatakse tihti vedelat või aerosoolset mürki, mida pritsitakse pesade peale või nende vahetusse lähedusse. Mürk hakkab mõjuma, kui herilane sellega kokku puutub. Selle tulemusena halvatakse tema närvisüsteem ja putukas hukkub. Lisaks endale kannab isend mürgi ka pessa, kus puutuvad kokku sellega teised koloonias elavad herilased.

Herilased ei kuulu putukate hulka, kes helisid tekitavad või neid kuulevad. Küll aga tunnevad nad vibratsiooni. Kui viia pesa lähedusse vibratsiooni tekitav seade ning imiteerida nende pesas toimuvat sagedust, tekitab see resonantsi, mis hävitab lõpuks nende pesakonna.

Nii on võimalus konstrueerida vedelikuga mürgitamist kasutava seadme asemele seade, mis tekitab vibratsiooni. Minnes pesale piisavalt lähedale ja tuvastades selle omavõnkesageduse, saame tekitada vibratsiooni, mis pesa lõpuks hävitab. Pesa hävimine viib terve pesakonna hukuni.

Alternatiivse tõrjeseadmena võib kasutada ka suurt anumad, milles on kombineeritud mürk ja suhkrud. Suhkrud meelitavad herilase anumasse, kus ta toitumise käigus saab kokku ka mürgiga. Mürgi kannab ta hiljem pesasse, kus sellega kokku puutuvad ka teised ning koloonia hävib. Selline protsess on küllaltki aeganõudev ja ei anna kohest tulemust.

Mürgilahusega pritsimisega alternatiivseks viisiks on veel ka uduga tõrjumine(ULV) [23], kus spetsiaalse masina abil toodetakse mürgi preparaati sisaldav peenike aur. See on parema mõjuvõimega, sest katab suurema pindala ja putukas saab mürgiga kindlamini kontakti. Sama lahendus on suitsuga tõrjel. Suitsu abil kantakse mürk pesasse ja selle ümbrusesse, kus isend sellega kas siis otseselt või hiljem üle käies kokku puutub. Suitsu eeliseks on see, et ta mõjub rahustavalt. Puuduseks aga see, et tema käsitlemine on tülikas.

Herilasi on võimalik peibutada ka valguse abil. Selleks on olemas valguspüünised. Valguspüünised on kokkupuutel surmavad või nende külge on määratud mürk.

Kineetilise tõrje korral on eesmärk hävitada isendid otsesel kontaktil, näiteks drooni liikuvate osadega, eeskätt tiivikutega. Selleks provotseeritakse putukad drooni ründama, samas pole katsed andnud rahuldavaid tulemusi. [25]

2. MIS ON DROON

Droon on tehnoloogiline mehitamata seade. Ametlikult tuntud ka mehitamata õhusõidukite nime all. Drooni võib nimetada ka lendavaks robotiks. Selline õhusõiduk on juhitud distantsilt puldiga või on programmeeritud teostama lende iseseisvalt kindlal trajektoorigil või marsruudil. Droone kasutatakse tänapäeval paljudes valdkondades nii militaarvallas kui ka tsiviilelus, näiteks otsingutel, luures, jälituses, valves, ilmavaatluses, meelelahutuses. [3]

Mehitamata sõidukite kasutus sai alguse sõjaväest, kus need arendati, et teostada luuret ja jälgida. Samuti rünnata vaenlast nii, et ei seataks ohtu otseselt sõduri elu. [3]

2.1 Ajalugu

Droonide eelkäijateks olid näiteks kuumaõhupallid, mis olid varustatud pommidega. Näiteid võib tuua 1849. aasta 22. augustist, kui Austria saatis kuumaõhupallid teele Veneetsia poole. Sama tehnoloogiat kasutati ka Ameerika kodusõjas. [3]

II maailmasõjas kasutati sakslaste laborite hävitamiseks lõhkeaineid täis lennukeid, mille külge oli paigaldatud kaamera. Olles piisavalt lähedale lennanud hüppas piloot lennukist välja ja sihtmärgini viidi lennuk kaamerate abil juhtides kaugjuhtimispunktist. [3]

Tehnoloogia arenedes arenesid ka droonid ja nende kasutusala laienes. Erinevate suurustega troone hakkasid kasutama mitmete riikide sõjaväed. Sõjadroonidel olid küljes kaamerad, millega salvestati pilti. Saadud luureinfot kasutati sõjategevuseks. Tehnika arenedes hakkasid droonid kandma ka järjest paremaid kaugelt juhitavaid relvi. [4]

2.3 Droon kui efektiivne tõrjealus

Droon on hea alternatiivne lahendus jõudmaks raskestipääsetavatesse kohtadesse nagu kõrged räästaalused, katusealused või muud ehitised, kus tõrje teostamiseks peab kasutama redelit, tõstukit või muud lisaagregaati, et teostada efektiivne tõrje. Droon asendab selle oma lennu ja juhitavusega ning annab samuti ajalise võidu. Lisaks sellele ei pea enam minema pesale väga lähedale, et teostada tõrjet. See alandab riski saada nõelata. Kuna droon on kompaktsem, siis tema kohaletoimetamiseks ei ole vaja suuremat sõidukit, mida on vaja näiteks tõstuki või

suurema redeli puhul. Efektiivsust ja mugavust lisab ka ajakulu vähenemine, kuna väljaõppe saanud piloot saab erinevate kaamerate abil juhtida lennumasina pesale võimalikult lähedale, teostada tõrje ja naasta. Tehtud töö tulemus on sama, kui teha seda seljaskantava pritsiga. Esmapilgul võib tunduda selline lahendus kulukam, kuid pikemas perspektiivis tasub ära, sest lisaks tõrjele saab kasutada ka drooni seireks ja kaardistamiseks antud valdkonnas.

2.4 Sarnased mudelid

Droone tootva Euroopa firma *Drone Volt* on loonud drooni *Drone Spray Hornet* (joonis 2.1) herilastega võitlemiseks. See on 4 rootoriga õhusõiduk, mille peale on paigaldatud aerosoolpurk, mis on täidetud mürgiga. Pesa lähedale lennates tõstetakse purk tõrjeasendisse ja vajutatakse automaatselt pihustuspea peale. Nii droonil endal kui ka purgil on kaamera, millega tagatakse töö täpsus. Firma poolt pakutava drooni diagonaali suuruseks on 650 mm ja ta püsib õhus olenevalt olukorrast veidi üle 5 minuti. [8]



Joonis 2.1 *Drone Spray Hornet* [7]

3. PROBLEEMI LAHENDUS

Pritsimissüsteemi platvormiks valiti Tarot hexa 680. Antud droonil on võime tõsta ja hoida õhus esemeid, mis kaaluvad rohkem kui 1 kg. Pritsesüsteemi eeldatav raskus koos mürgi lahusega on 1,5 kg. Pritsesurvet arendav pump koos paagi ja juhtimiskeskusega asuvad drooni keha all. Pritseagregaat koos nurka reguleeriva mootoriga asuvad drooni peal. Voolikute abil pumbatakse lahus mürginõela, mille otsa on paigaldatud pihusti, mis muudab mürgi gaasiliseks. Nõela nurka muudetakse servomootori abil. See tagab nõela liikumise peaaegu 180 kraadi ulatuses. Ülejäänud suundades liikumine tagatakse, kasutades drooni juhtsüsteemi. Kogu pritsesüsteemi on võimalik juhtida maa pealt lisapuldi abil, mille saab mugavalt paigaldada drooni puldile lisaks. Pumba käivitus ja peatamine on samuti kaugjuhitavad. Pumba töö katkestatakse ka siis, kui mürgipaak on tühi. Selle kohta annavad märku ka märguandetuled pritsi puldil. Pritsesüsteem kasutab toiteks drooni akult tulevat voolu, mis vähendab küll drooni lennuaega, kuid säästab kaalu lisaaku arvelt. Pritsi pult kasutab eraldi 9 V patareitoidet.

Pritsetoru täpse asukoha määramiseks on ettenähtud sondkaamera, mille pildi saab kuvada nutiseadme ekraanile. Nii on pesa asukoht paremini näha ja saab ka tõrje hetkeseisust ülevaate, kas tõrjevahend jõudis asukohani.

Vältimaks drooni rootorite kokkupõrget tõrje ajal, konstrueerime droonile ka lisakaitsmed, mis piiravad rootorite kokkupõrget puuokste, seinte või muude ehituskonstruktsioonidega.

3.1 Tarot FY 680 pro

Tarot FY680 (joonis 3.2) on kuue mootoriga droon ehk sel on kuuerootoriline mehhanism, mis teda õhus hoiab. *Taroti* diameeter on 695 mm. Raami (joonis 3.1) kaalub 810 g ja koos varustusega kaalub droon 2,8 kg. Lisaraskust jõuab ta kanda 1,5 kg...2 kg. [6]

Kuigi antud droon pole väikeste killast, on ta kasutajasõbralik ja kompaktselt kokku pakitav. *Tarot FY680 Pro-1* on põhiraami külge ehitatud juba elektriskeem, et vähendada raskust üleliigsete ühendusseadmete võrra. Hea on tema tootjapoolne lahendus ka raami kerguse ja kaalu jaotusega. Mootorite kinnituspesad on loodud kompaktsed ja kerged. Maandumiseks kasutab *FY 680 pro* spetsiaalselt selleks mõeldud kahte tugijalgmehhanismi, mis on tugevad ja samas elastsed. Antud mudelil on arendatud ka aku jaoks eraldi platvorm, mis hoolitseb

kaalujaotuse eest. Selline lahendus annab võimaluse tõsta raskemat kaamerat või muud taolist. [6]

Drooni toiteks on 14,8 V 5500mAh aku, mis võimaldab lennus püsida 11 minutit, akude arvu kahekordistamisel 17 minutit. [6]



Joonis 3.1. *Tarot FY 680 pro* raam [9]

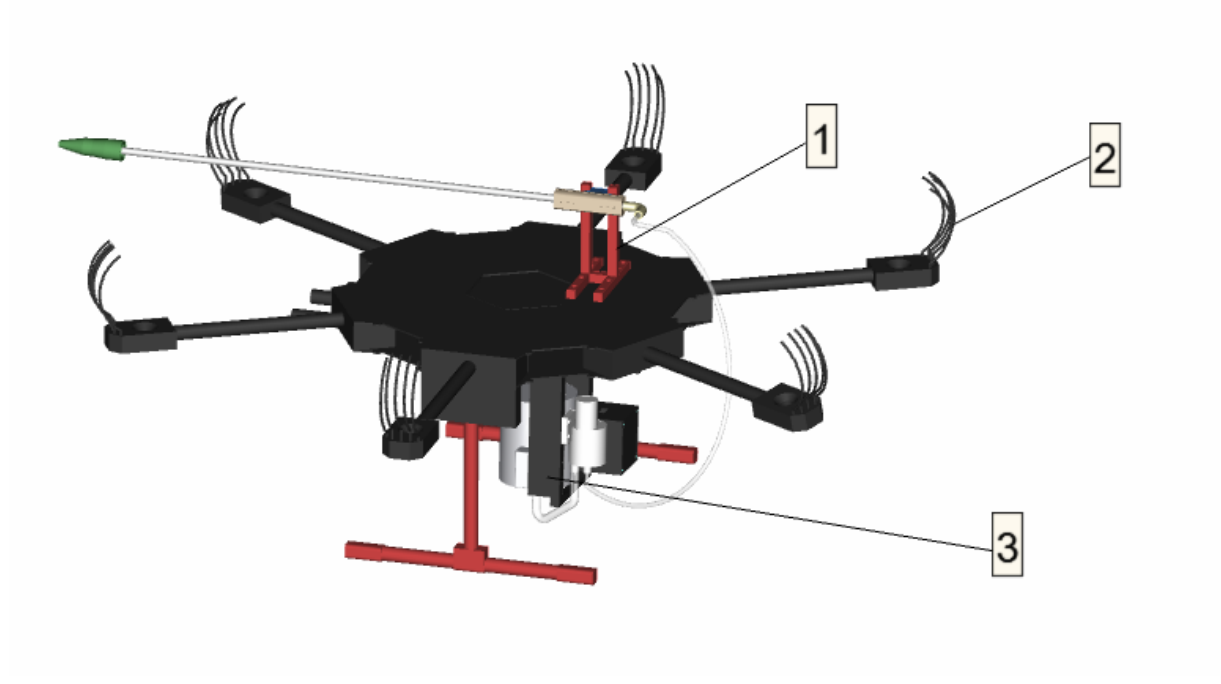


Joonis 3.2 *Tarot FY 680 pro* täiskompleksuses [10]

4. MEHAANIKAOSA PROJEKTEERIMINE

4.1 Konstrueeritud agregaat

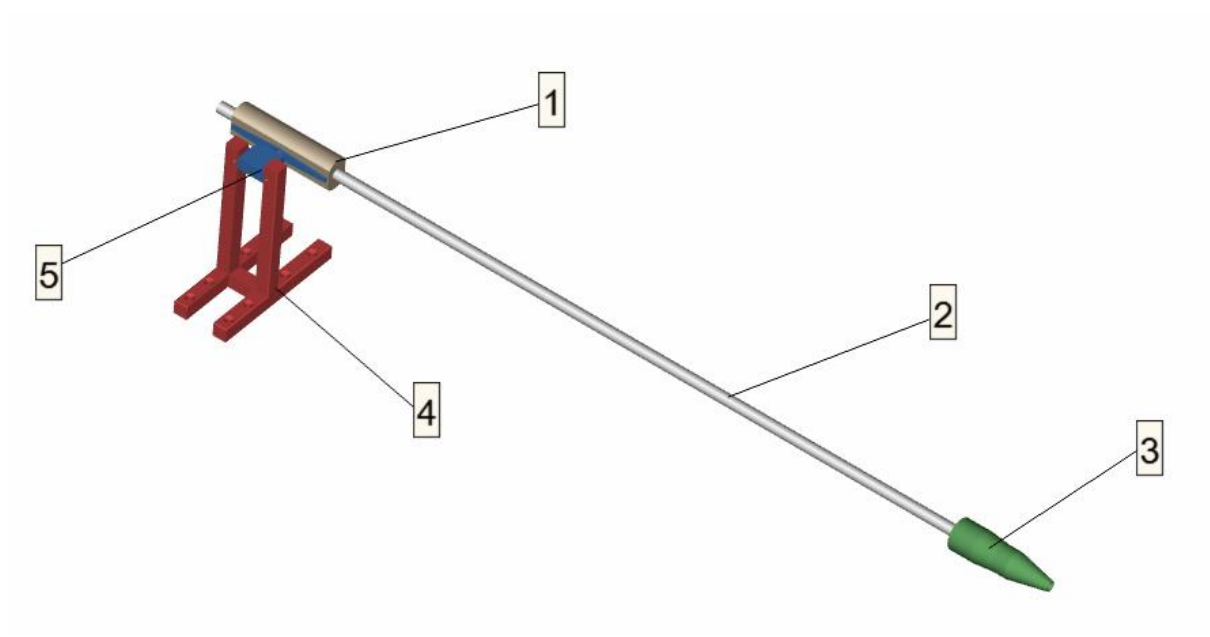
Projekteerimise käigus loodi propelleri kaitsmed, drooni peale paigaldatav agregaat ja alumine vedelikku ette andev ja juhtimist korraldav pritsejaam (joonis 4.1).



Joonis 4.1 Konstrueeritud agregaat: 1-ülemine agregaat, 2-propelleri kaitsmed, 3- alumine vedelikku ette andev ja juhtimist korraldav pritsejaam.

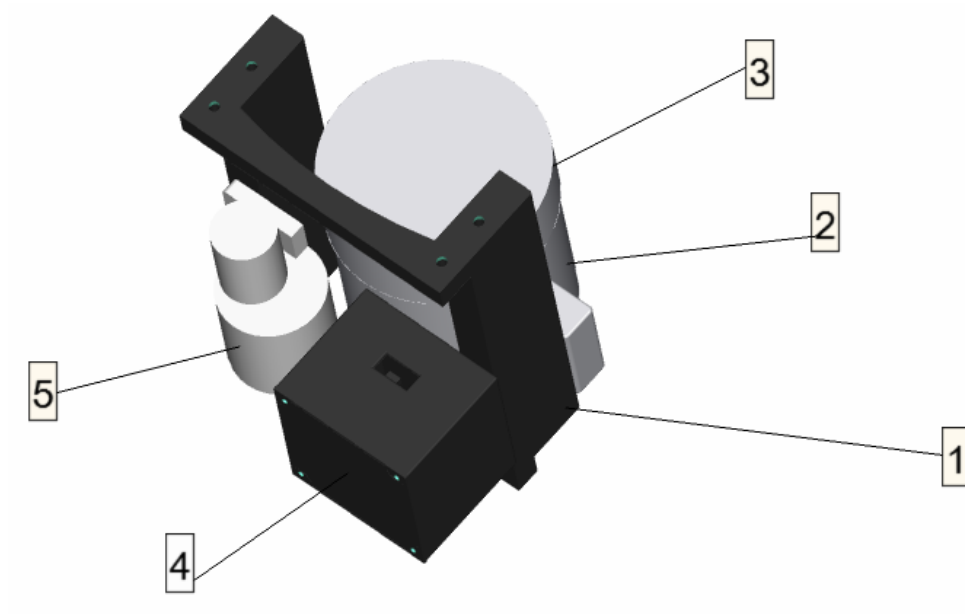
Pritseagregaat koosneb kahest osast. Esimene osa on kinnitatud drooni pealmisele poolele, teine osa on kinnitatud akuplaadi alla.

Esimene osa koosneb kateetrist, pihustist, kateetri kinnitusklambrist, servomootori ülekande otsast ülekande servomootorist ja kinnituskonstruktsioonist (joonis 4.2).



Joonis 4.2 Peamine osa: 1-kateetri kinnitusklamber, 2-kateeter, 3-pihusti, 4-kinnituskonstruktsioon.

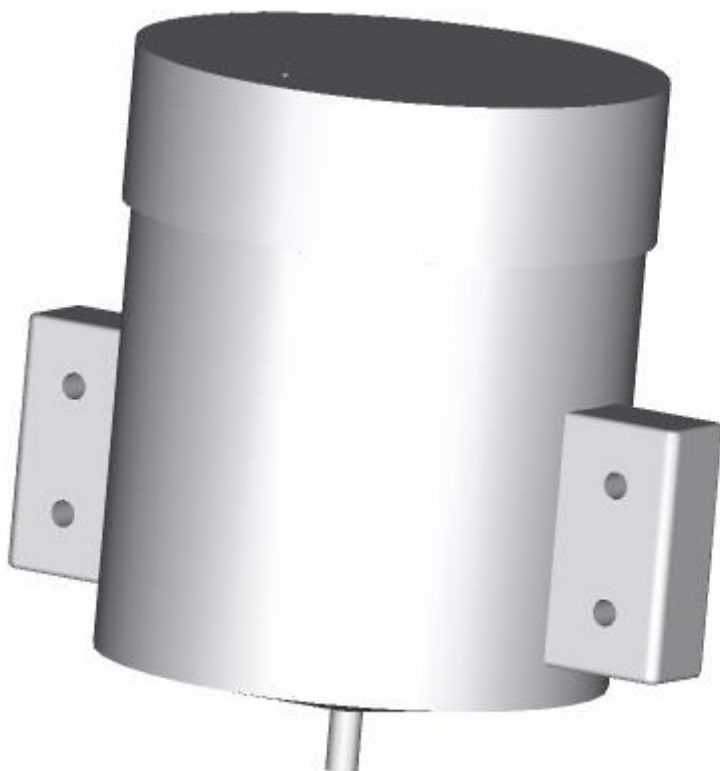
Teine osa koosneb kinnituskonstruktsioonist, mürgipaagist, mürgipaagi kaanest, pumbast, juhtelektroonika karbist (joonis 4.3).



Joonis 4.3 Alumine osa ehk pritsejaam: 1-kinnituskonstruktsioon, 2-mürgipaak, 3-mürgipaagi kaas, 4-elektroonikakarp koos kaanega, 5-pump

4.2 Mürgipaak

Diplomitöö raames projekteeritud paak (joonis 4.4) on 100 mm kõrge, paagi sisemine diameeter on 78 mm. Materjali paksuseks on 2 mm. Paagi põhjas asub toru, mille kaudu vedelik juhitakse voolikusse ja sealt edasi pumpa. Paagil on peale keeratav kaas ja sees asub sõel, et vältida suurema mustuse, mis võib lahuse segamisel tekkida, sattumist pumpa. Paagi põhi on kergelt koonusekujuline, et kõik lahuse vedelik jõuaks väljuva avani. Paagil on kaks kinnituskronsteini, millega kinnitada see konstruktsiooni külge, mis omakorda kinnitatakse drooni külge. Paagi ruumala on ligikaudu 478 ml. Paagi suuruse määras on töös püstitatud piirang, et paak ei tohi mahutada vähem kui 400 ml vedelikku. Mahuti materjaliks on filament.



Joonis 4.4 Mürgipaak koos korgiga

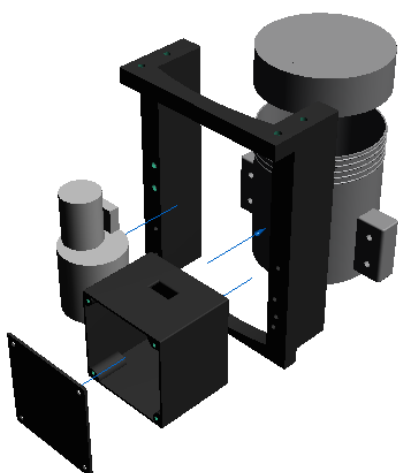
4.3 Drooni alla kinnituv konstruktsioon

Mürgipaak kinnitub konstruktsiooni külge, mis omakorda kinnitatakse drooni akuplaadi külge. Konstruktsiooni (joonis 4.5) maksimaalne kõrgus on 160 mm pikkus 48,8 mm ja laius 118,5 mm. Mõningad piirangud konstruktsiooni loomisel seadis prototüübiks valitud droon Tarot hexa 680.

Konstruktsiooni külge kinnitub ka juhtseadme karp koos kaanega ja pump (joonis 4.6) . Pumba kinnitamiseks kasutatakse M4 polte, karbi ja paagi kinnitamiseks kasutatakse M3 polte ja konstruktsiooni enda kinnitamiseks akuplaadi külge kasutatakse M4 polte.



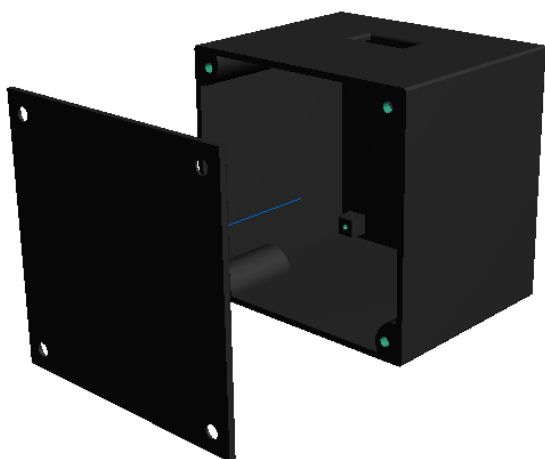
Joonis 4.5 Drooni alla kinnituv konstruktsioon



Joonis 4.6 Konstruktsiooni külge kinnituvad paak koos kaanega, karp koos kaanega ja pump

4.4 Juhtelektroonika karp

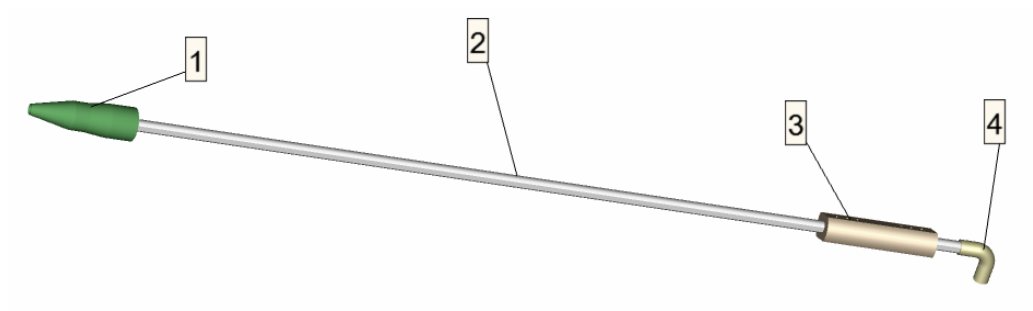
Juhtelektroonika paigutatakse spetsiaalsesse karpi (joonis 4.7), et kaitsta teda väliste kahjustuste eest. Karp lisab seadmele ka kosmeetilisema välimuse. Karbi mõõtmeteks koos kaanega on 49,2x58,4x58,4 mm. Kaas kinnitub konstruktsiooni külge 2 M3 poldiga, karbi kaas kinnitub karbi külge 4 M3 suuruses kruviga. Elektroonikakarbil on peal ava, mis on mõeldud erinevate juhtmete läbiviimiseks. Sees paiknevad kinnitused trükkplaadi kinnitamiseks.



Joonis 4.7 Juhtelektroonika karp koos kaanega

4.5 Kateeter

Käesoleva diplomitöö raames projekteeriti drooni peale mürgi kateeter (joonis 4.8), mille abil kantakse lahus pesani. Kateetri otsas asuv pihusti pritsib vedeliku peenikeste piiskadena pesani. Kateetrit on võimalik liigutada 180 kraadi ulatuses, et teostada efektiivsemat tõrjet ka raskemates kohtades nagu räस्ताalused, suuremad katusealused, keerulised puud ja muu selline. Liikumise kateetrile tagab servomootor, mis on kinnitatud spetsiaalse kinnituse abil kateetri külge. Kateetrisse tuleb mürk vooliku abil, mis paigutatakse kateetri külge plastmass- põlve abil, et tema liigutamisel ei tekiks takistusi ja et voolik ei murduks kokku. Esmase prototüübi kateetri materjaliks on alumiinium [12]. Toru läbimõõt on 8 mm ja pikkus 600 mm.

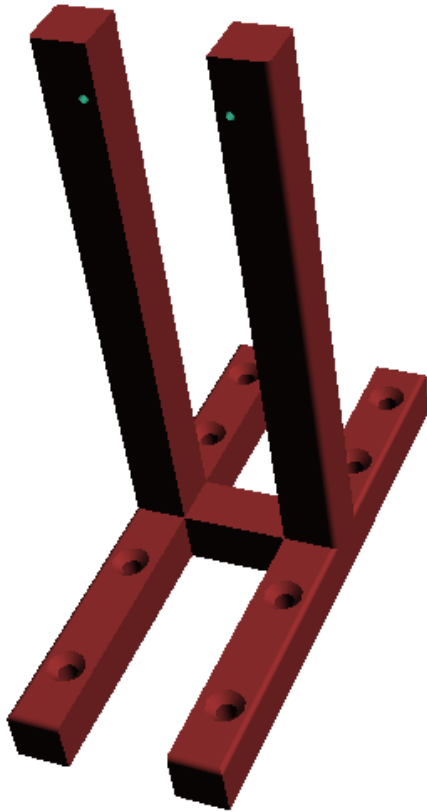


Joonis 4.8 Kateetri süsteem: 1-pihusti, 2-kateeter, 3-kinnituskalmber, 4-plastikpõlv

Prototüüp droonile loodud kateetri pikkus on 600mm, et ta ulatuks drooni rootorite tööalast kaugemale ja tiivikute töö ei segaks pritsimise toiminguid.

4.6 Droonipealne kinnituskonstruktsioon

Käesoleva töö käigus projekteeritud kateetrisüsteemi ja servomootori kinnitamiseks trooni külge loodi konstruktsioon, mille külge kinnitub servomootor ja mille külge omakorda kateetrisüsteem (joonis 4.9). Konstruktsioon on 109 mm kõrge, 40mm lai ja 102 mm pikk. Konstruktsiooni mõõtude üheks määravaks elemendiks oli kateetri pöörderaadius. Mõõdud on välja toodud lisas A.



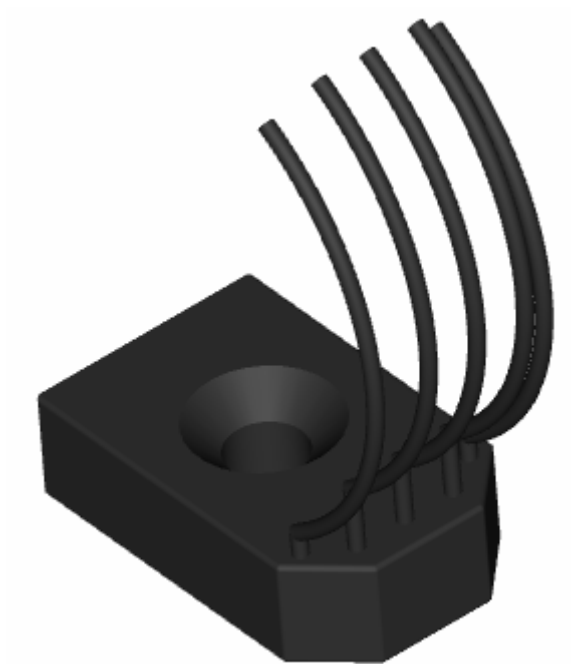
Joonis 4.9 Kateetri süsteemi kinnituskonstruksioon

4.7 Propellerite kaitsepiirete prototüüp

Tarot FY680 pro droonil puuduvad propellerite tööd kaitsvad piirdekonstruktsioonid (joonis 4.10). Käesoleva diplomitöö raames projekteeriti võimalik lahendus (joonis 4.11), sest pritsimise teostamisel võib tekkida olukordi, kus õhu liikumise tõttu droon kaldub liiga lähedale teistele objektidele ja töölend katkeb ühe või mitme propelleri purunemise tõttu. See on üks peamisi ohte, millega tuleb projekteerimise ja prototüüpide loomisel arvestada.



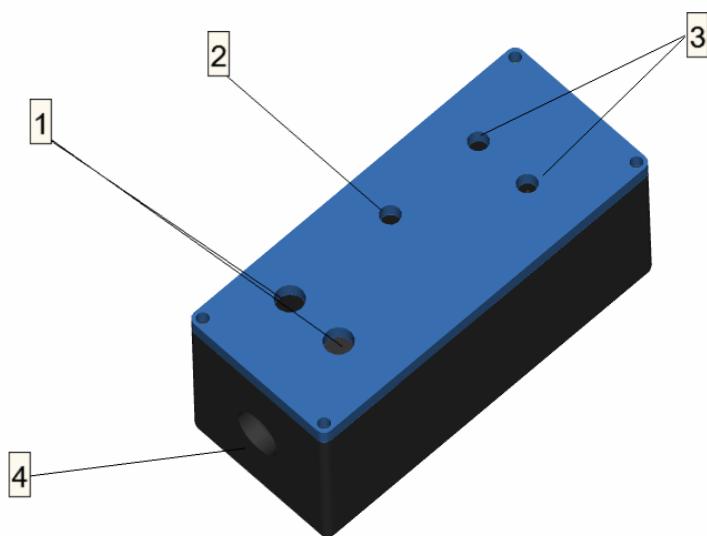
Joonis 4.10 *Tarot FY680* mootori pesa. [11]



Joonis 4.11 Propellerite kaitsekonstruktsiooni lahendus.

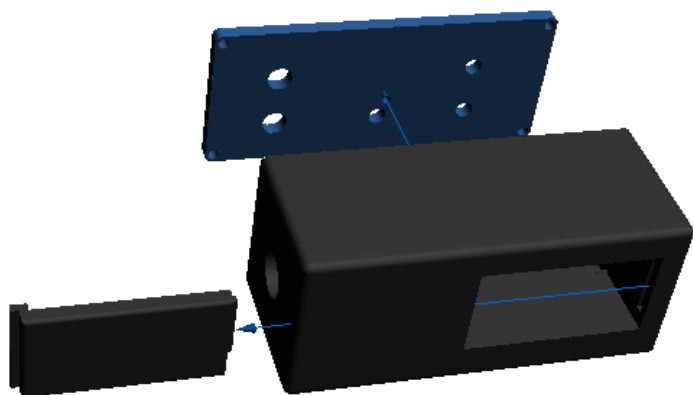
4.8 Puldi korpus

Diplomitöö käigus projekteeriti pritsesüsteemi juhtpuldi korpus (joonis 4.12). Korpus on disainitud nii, et sinna mahuks 9 V patarei ja trükkplaat koos komponentide ja saatjaga. Korpuses on avad kahe LED indikaatori jaoks, kahe nupu ja 1 potentsiomeetri jaoks (joonis 4.12)



Joonis 4.12 Puldi korpus: 1-LED indikaatorite avad, 2-potentsiomeetri ava, 3-lülitite avad, 4-saatja antenni ava.

Patarei jaoks on eraldi paigaldusava koos kaanega (joonis 4.13), et selle vahetuseks ei peaks eemaldama pealmist kaant. Seadme mõõtmed on näidatud lisas A.



Joonis 4.13 Patarei paigaldusava koos kaanega.

5. ELEKTROONIKAOSA PROJEKTEERIMINE

5.1 Nõuded elektroonikale

Projekteeritud seadme elektroonika nõuded on toodud tabelis 5.1.

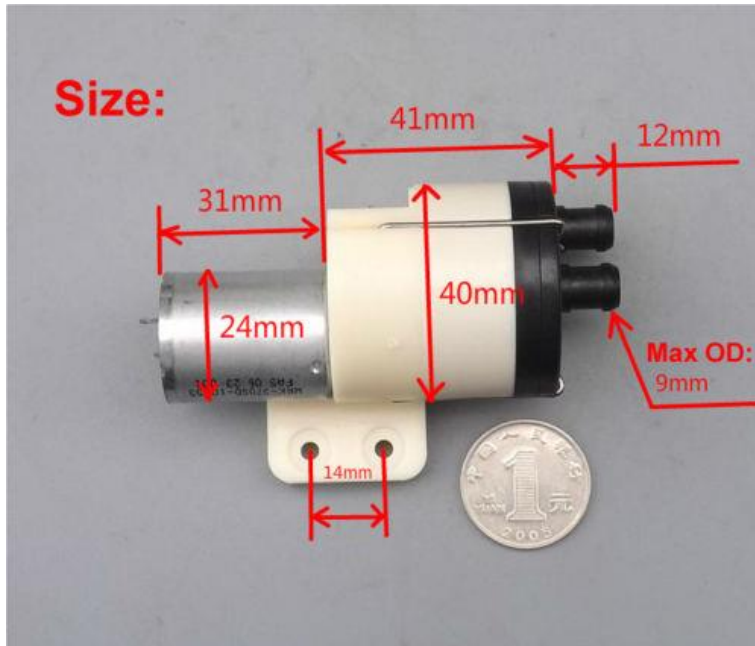
Tabel 5.1 Elektroonika nõuded ja nendele pakutud lahendused

	Nõuded	Lahendused
1	Puldist juhitud	Seadmele on loodud juhtpult, millega juhtida pritsseagregaadi tööd
2	Võimalikult suure ulatusega tööraadius	Info vastu võtmiseks ja saatmiseks kasutatakse raadiolainel töötavat saatjat, mille tööraadius on 1 km [15]
3	Piisava võimsusega pump	Pritsitav vedelik pumbatakse objektini alalisvoolul töötava väiksemõõtmelise pumbaga, mis on võimeline tootma survet kuni 50 kPa[13]
4	Eraldiseisev drooni põhisüsteemist	Nii puldil kui ka pritsseagregaadil on eraldiseisev protsessor, millega juhitakse vajalikke toiminguid
5	Kaitsvad korpused mikroskeemidele	Pritseagregaadi küljes olev trükiplaat koos komponentidega on paigutatud selleks ette nähtud karpi. Puldil on korpus, mida on võimalik paigutada drooni puldi külge.
6	Pritse kateetri liigutamine ~180 kraadi	Kateetri liikumise tagab servomootor, mida juhitakse puldi abil.
7	Automaatne pumba töö seiskumine vedeliku lõppemise korral	Surve andur tuvastab hetke, mil vedeliku asemel hakatakse pumpama õhku
8	Kaamera kateetri töö jälgimiseks	Väike WiFi ühendusega kaamera edastab pilti, et näha täpset asukohta, kui mürki pritsitakse

Tabelis 5.1 on välja toodud lahendused elektroonika osale, mille seavad erinevad parameetrid käesolevas diplomitöös.

5.2 Pump

Seadme prototüübi loomiseks valiti pump WRK-370SD-10655, mis on sobilik nii õhu kui ka vedelike pumpamiseks. Pump on mõõtmelt küllaltki väike (joonis 5.1) sobib oma parameetritelt hästi diplomitöö nõuetega. Toitepingeks on 12-24 V, vedeliku läbilase on 1,5 l/min ja õhu läbilase on 3 l/min. Pump suudab toota positiivset survet 90 kPa ja negatiivset survet kuni -50 kPa. [13]



Joonis 5.1 Pritseseadme pump WRK-370SD-10655 [13]

5.3 Kateetri tõstemootor

Pritsekateetri tõsteks kasutatakse servomootorit Micro Servo 3,7G H301 [14] (joonis 5.2) Mootori toiteks on 5 V, lisaks toitejuhtmetele on mootoril signaalijuhe, mille kaudu saab määrata pöörde sammu. Servomootoril on tõstevõime $0.7 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 4,8 V ja $0,8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 6 V juures. Mootori mass on 3,7 g.



Joonis 5.2 Servomootor 3,7G H301 [14]

5.4 Saatja/vastuvõtja

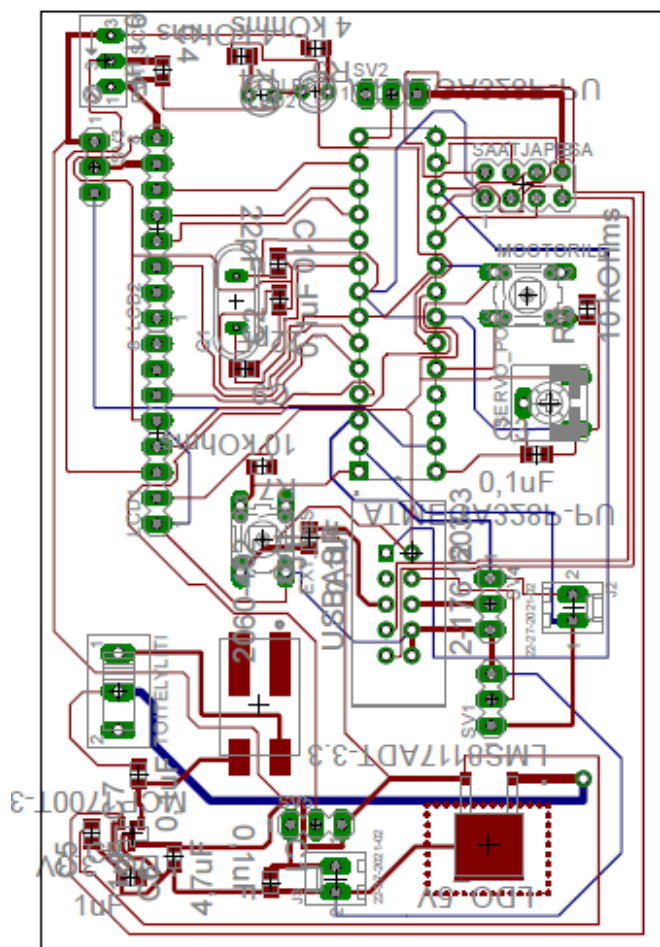
Diplomitöös kasutatakse juhtsignaalide saatmiseks puldist pritseagregaati Nordic kompanii poolt toodetud nRF24L01 (joonis 5.3) saatjat, mis on madala voolutarbega ja tihedalt integreeritud raadiosagedustransiiver 2,4 GHz sagedusalas. Saatja töötab 1,9-3,6 V pinge vahemikus. nRF24L01 edastus on 250 kilobitti sekundis või 1 megabitt ja 2 megabitti sekundis läbi õhu. Saatjal on RF võimendi ja antenn, mis tagab 1 km raadiusega töö ala. Ühendus saatjal/vastuvõtjal seadmega on 8 viiguga pistiku abil. [15]



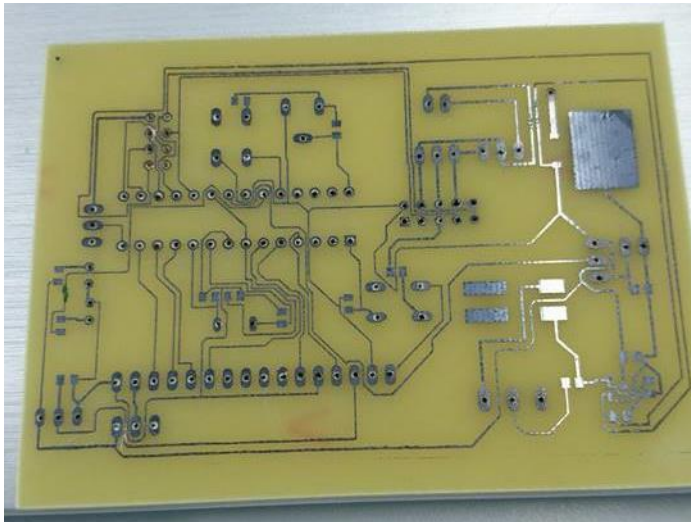
Joonis 5.3 Raadiosageduse transiiver

5.5 Puldi prototüüp

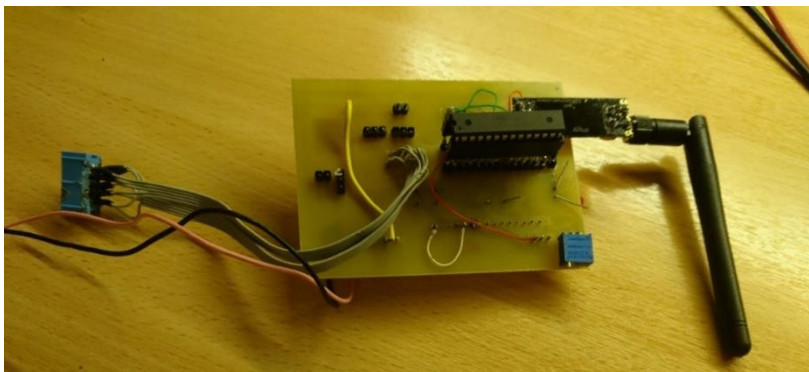
Pritseagregaadi juhtimiseks loodi diplomitöö käigus juhtpuldi prototüüp, millel katsetada erinevate komponentide koostööd ja programmi koodi. Töö käigus loodi selle jaoks trükkplaadi skeemi disaini joonis (joonis 5.4). Loodud disaini põhjal söövitati vasest plaadile vastava skeemi rajad (joonis 5.5). Pärast söövitamist puuriti avad komponentide jaoks. Pärast puurimist lisati skeemi alusel trükkplaadile komponendid jootmise teel. Antud tehnoloogia võimaldas luua vasest rajad ainult ühele poole trükkplaati. Teisele poole plaati joodeti skeemi järgides juhtmed. Valminud prototüüppult on näha joonisel 5.6 ja joonisel 5.7.



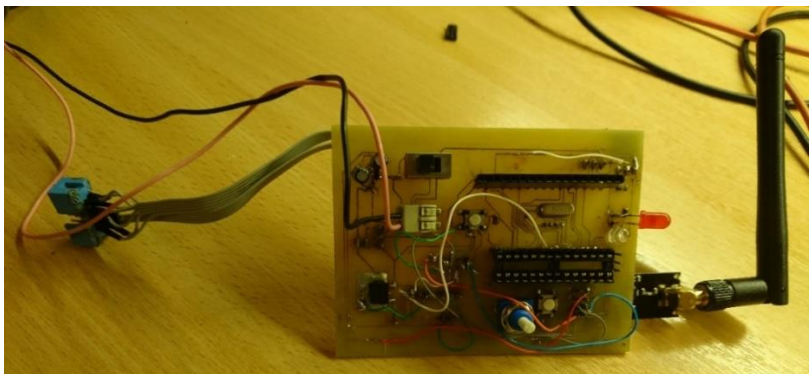
Joonis 5.4 Puldi prototüübi trükkplaadi disain



Joonis 5.5 Puldi prototüübi trükkplaat pärast söövitamist



Joonis 5.6 Prototüüppuldi vaade nr 1



Joonis 5.7 Prototüüppuldi vaade nr 2

Puldi sümbolkujul skeem ja trükkplaadi skeemi disain loodi Autodeski poolt loodud programmiga EAGLE CAD Soft versioon 6.5.0-ga [16]. Antud programm on hea vahend trükkplaadi skeemi disaini loomiseks, kuna paljude komponentide skeemid ja juhtviikude

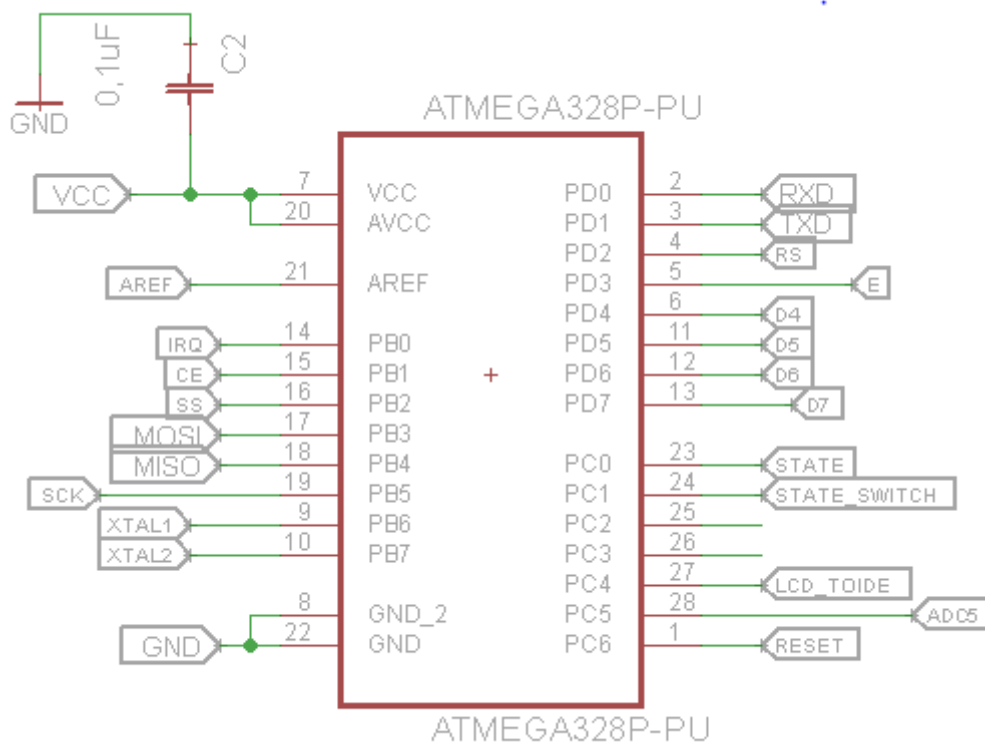
positsioonid on juba vastavas kogus olemas. Puldi prototüüpi luues arvestati erinevate eeskirjadega, mis programm seadis, et hilisem plaadi tootmine ja komponentide trükkplaadi külge jootmine ei oleks vastuolus elektroonikale vajaliku arhitektuuriga.

Tabel 5.1 Prototüüppuldi peal kasutatud komponendid

Kirjeldus	Tähistus	Väärtus	Ühik	Kogus tk
Kondensaator	0805	1	μF	3
Kondensaator	0805	22	pF	2
Kondensaator	0805	0,1	μF	5
Kondensaator	0805	4,7	μF	1
Takisti	0805	10	kΩ	2
Takisti	0805	4	kΩ	2
Potentsiomeeter	3310Y-001-103L			1
Potentsiomeeter	3265			1
LDO	MCP1700T-3302E/TT	3,3	V	1
LDO	LMS8117ADT-3.3	5	V	1
LED	0603			2
Liuglüliti	1101M2S3CQE2			2
Impulsslüliti	B3F-1000			2
Väljaviigud	HD-1X3			5
Väljaviigud	16X1			2
ATMega328P				1
WAGO	2060-402 2way			1
Taktsageduse generaator	16 MHz XTAL	5x3.2	mm	1
USB ASP pistik	2-1761603-2			1

Töös kasutab autor protsessorit ATMega328P. See protsessor on valitud põhjusel, et sinna on võimalik laadida Arduino *bootloader* ja koodi saab kirjutada Arduino keskkonnas. See muudab töö käigu lihtsamaks ja optimaalsemaks. Protsessor on 28 jalaga 8-bitine ja 20 MHz töösagedusega. [18]

Koos protsessoriga kasutatakse ka 16 MHz taktsageduse generaatorit.



Joonis 5.8 ATmega 328P skeem prototüüppuldil

Koodi laadimiseks protsessorile kasutati USB ASP pistikut, mis on ette nähtud vastava andmeside loomiseks. Pistik on 10 viiguga. Pistikule lisaks on lisatud 2 kolme jalaga väljundit, et saaks vajadusel kasutada ümberlülitusi.

Protsessori ja enamuste komponentide toiteks kasutasime 5 V. Toite tagab 5 V pinge regulaator LMS8117ADT-3.3. Saatja toitmiseks kasutasime 3,3 V pingeregulaatorit MCP1700T-3302E/TT. Puldi toimimiseks vajalik toitepinge ja vool tulevad 9 V patareist.

Sisendpinge seadmesse on juhitud läbi iselukustuva klemmidega pistiku. Et sisendpinget oleks võimalik välja lülitada, on lisatud puldi prototüübile liuglülitit toite välja lülitamiseks.

Andmeside teise seadmega on tagatud saatjaga NRF24L01, mis töötab sagedusel 2,4 GHz ja koos antenniga on tema tööraadius 1 km. [17]

Koostatud seadmele on lisatud ka väljund LCD ekraani jaoks, et vajadusel kuvada info ekraanile. Vastav skeem on koostatud LCD HD44780 jaoks. Ruumi kokkuhoiu kaalutlusel seda antud töös ei tehta.

Seadmele on paigutatud kaks LED-i, millest üks näitab toite olemasolu ja teine on ühendatud protsessoriga, et saaks programmi kaudu seda juhtida. Juhitava LED-i eesmärk on teavitada kasutajat, kas paagis on veel vedelikku. Kui vedelik saab otsa, süttib LED põlema.

Plaadile on paigutatud kaks nelja viiguga lüliti, millest üks on RESET funktsiooniga, et taaskäivitada programm. Teine lüliti on mõeldud signaali sisendiks, et vastu võttev seade käivitaks protsessi. See lüliti määrab pumba käivituse pritseagregaadi küljes.

Signaallüliti kõrval on kasutatud ka potentsiomeetrit TRIM_EU-CA6V(TRIM_EU-) pingejagurina servomootori tarbeks.

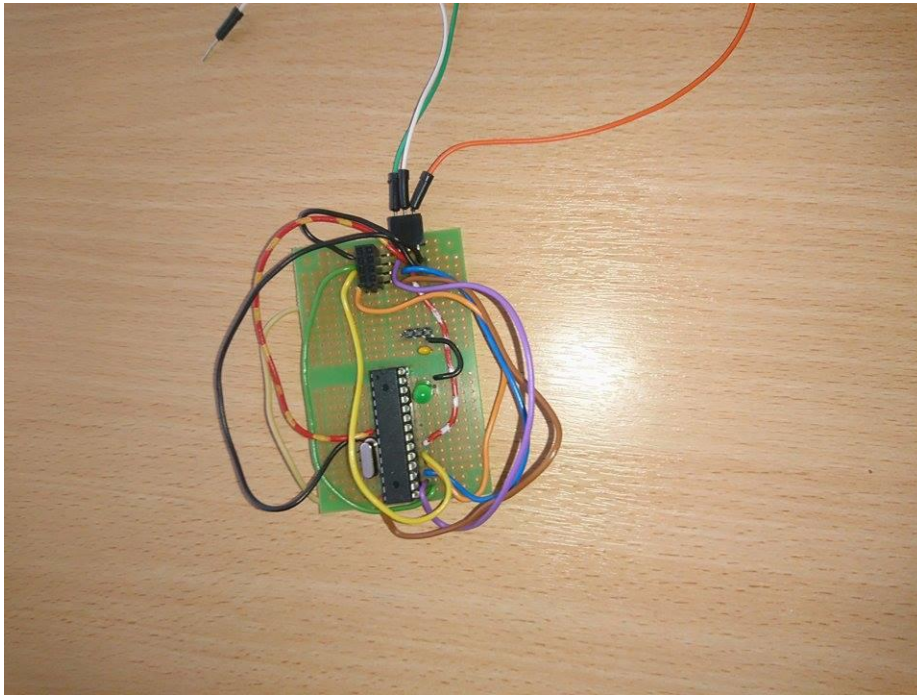
Komponentide tööks vajalikud takistid ja kondensaatorid on pindjoodetavad, et hoida kokku ruumi trükkplaadil. Kasutatud takistite arv ja tühikuline väärtus on välja toodud tabelis 5.1.

5.6 Protsessor ATmega 328 P

Suure jõudlusega mikrokiip. 8-bitine AVR RISC-põhine kontrolleri omab 32 KB ISP välmälu, mida võib lugeda ja samal ajal kirjutada. ATmega 328-l on 1024B EEPROM, 2KB SRAM, 23 programmeeritavat I/O viiku ja 32 üldkasutusega registrit, 3 taimer/loendurit, millel on võrdlus režiimid ja jada programmeeritav USART, mis võimaldab kirjutada ja lugeda samaaegselt. Tal on veel bait orienteeritud 2-juhtmeline jadaliides, SPI jadapordile, 6-kanaliga 10-bitine analoog/digitaal muundur, programmeeritav sisemine ostsillaator ja viis tarkavaraliselt valitavat säästurežiimi. Seade töötab vahemikus 1,8-5,5 V. Aktiivses olekus 1 MHz taktsageduse juures tarbib ta 0,2 mA voolu.[18]

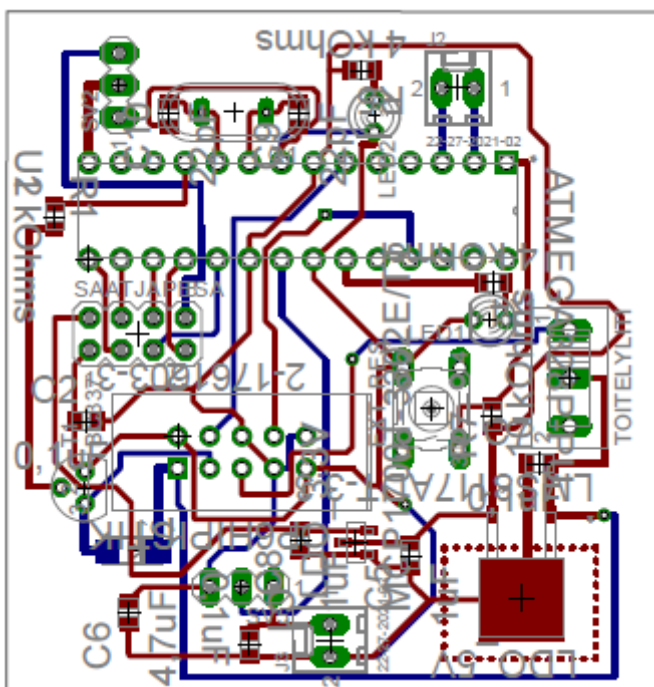
5.7 Pritseagregaadi juhtseade

Lisaks esmasele prototüüppuldile koostasime ka vastu võtva seadme skeemi ja trükkplaadi disaini. Puldi komponentide ja saatja töö katsetamiseks koostasime ka veidi lihtsustatud kujul prototüüpplaadi (joonis 5.9). See etapp lõi võimaluse katsetada programmide tööd.



Joonis 5.9 Loodud prototüüpplaat, koodi testimiseks.

Prototüübi trükkplaat (joonis 5.9) kasutab suuresti samu komponente, mida juhtpultki. Protsessor on ATmega 328P ja külge käib saatja nRF24L01. Seadmel asetsev USB ASP pistik täidab seal üldpistiku funktsiooni, kust saavad toitesignaali täiturmootor ja pump. Pumba käivitussignaali tagatakse transistoriga. Pistikus on väljund rõhu anduri jaoks, mis lülitab välja vedeliku pumba, kui mürk paagist otsa saab. Toide disainitud plaadile käib samuti läbi üldpistiku. Trükkplaadi toide võetakse drooni akudelt, et vältida lisaraskuse teket. *Tarot FY 680 pro* nimipinge on 14,8 V.



Joonis 5.10 Pritseagregaadi trükkplaadi skeem

Tabel 5.2 Prototüüp juhtplaadi peal kasutatud komponendid

Kirjeldus	Tähistus	Väärtus	Ühik	Kogus tk
Kondensaator	0805	1	μF	3
Kondensaator	0805	22	pF	2
Kondensaator	0805	0,1	μF	5
Kondensaator	0805	4,7	μF	1
Takisti	0805	10	kΩ	2
Takisti	0805	4	kΩ	2
Potentsiomeeter	3310Y-001-103L			1
Potentsiomeeter	3265			1
LDO	MCP1700T-3302E/TT	3,3	V	1
LDO	LMS8117ADT-3.3	5	V	1
LED	0603			2
Liuglüliti	1101M2S3CQE2			2
Impulsslüli	B3F-1000			1
Väljaviigud	HD-1X3			2
Väljaviigud	HD-1X2			2
ATMega328P				1
Taktsageduse generaator	16 MHz XTAL	5x3.2	mm	1
USB ASP pistik	2-1761603-2			1
Transistor	BC337			1
Diod				1

5. 8 Rõhuandur

Pritsevedeliku pumba töö käivitatakse puldilt, mis omakorda saadab signaali juhtseadmesse drooni küljes. See omakorda käivitab pumba töö kasutades transistori. Pumba töö katkestamiseks on kaks varianti. Esimene neist on võimalus seisata pumba töö manuaalselt, vajutades sama nuppu puldil, mida tehti käivitamiseks. Teine neist on automaatne, kus juhtseade saab andurist signaali, et paak on tühi ja pumba töö lõpetatakse. Andur, mida antud töös kasutame, on surveandur, mis eristab õhu ja vedeliku rõhku – vastavale rõhule on vastav pinge. Prototüüpseadmel kasutatakse firma KAVLICO poolt toodetud andurit P500-30A-E1A1 (joonis 5.11) [22]. Andur paigutatakse drooni küljes pritseagregaadi ja pumba vahelise vooliku külge. Andur on juhtseadmega ühendatud üldpistiku abil, mis paikneb trükkplaadil.



Joonis 5.11 Rõhuandur P500-30A-E1A1 [19]

5.9 Kateetri kaamera

Et tagada täpsem pritse, on vaja jälgida kateetri tööd. Seda ei saa teha drooni all oleva juhtkaameraga. Prototüübile paigaldatakse minikaamera, mis ei kaalu väga palju samas edastab pilti reaalajas ja teostab videotöötluse iseseisvalt. Selleks kaameraks valis autor WIFI DIY MODULE IP Camera [20], millel on eraldi aku, oma mälu element ja videot edastavad seadmed.



Joonis 5.12 Väikesemõõtmeline kaamera kateetri töö jälgimiseks. [21]

6. Töötava prototüübi loomine

Loodud projekti põhjal on võimalik luua esimene prototüüp, millega saab hakata tegema lennu ja tõrje katsetusi, et välja tuua peidetud vigu või kitsaskohti. Selleks on vaja tellida trükkplaadid ja komponendid ning koostada korrektselt kaks trükkplaati koos komponentidega. Järgnevalt prinditakse 3D printeri abil puudu olevad konstruktsioonid ja tellitakse seadmed, mida läheb vaja, et pritseagregaat töötaks diplomitöös määratud parameetrite järgi. Üheks tähtsamaks osaks on kindlasti ka drooni *Tartot FY 680 pro* ostmine ja kokku panemine.

KOKKUVÕTE

Käesoleva diplomitöö käigus projekteeriti mürgipritsesead, mida on võimalik kinnitada *Tarot FY 680 pro* külge. Töö käigus seati parameetrid, mida projekteerimisel jälgiti.

Paagi mahuks ei tohtinud olla alla 400 ml ja paak pidi olema taastäidetav. Projekti käigus loodi mürgipaak, mis on pealt korgiga taassuletav ja mille mahtuvus on veidi suurem kui 400 ml.

Püstitatud nõuetes pidi pritseseade olema automatiseeritud ja autonoomne drooni juhtpuldi tööst, selle tagab asjaolu, et pritseseadmel on oma juhtelektroonika ja juhtpult. Pritse teostamiseks mõeldud kateeter koos pihustiga on liigutatav 180° ulatuses. Töö käigus valiti välja ka kaamera, mille abil on võimalik kateetri tööd jälgida. Diplomitöös loodud seadme materjalideks on põhiliselt plastik, mida kasutab 3D printer seadmete tootmisel, see tagab seadme väikse massi.

Töö käigus ei ehitatud valmis projekteeritud seadeldist, kuid kõik selleks vajalik loodi, et oleks võimalik seda lähitulevikus teha.

Kasutatud kirjandus

1. **M. S Giljarov, B. M. Mamajev, G. M Dlusski, E. P. Turpajeva** (1984) Loomade elu selgrootud III. Tallin: Valgus. 331-333 lk, 339- 341 lk.
2. **Jaan luig** (2006) Tiivulised paberivamistajad
http://www.loodusajakiri.ee/loodusesober/artikkel996_978.html
3. **Margaret Rouse** (2016) drone (unmanned arial vehicle, UAV) Kättesaadav: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/drone>
4. **Nesta** Lendavad robotid. Kättesaadav: <http://www.nesta.org.uk/drones-history-flying-robots>
5. **Greenpestcontrolmn** herilase pesa maja küljes Kättesaadav: <https://greenpestcontrolmn.files.wordpress.com/2010/07/800px-hornets-nest-on-house.jpg>
6. **Helipal** Tarot FY 680 pro kirjeldus. Kättesaadav: <http://www.helipal.com/tarot-fy680-pro-hexacopter-frame-set.html>
7. **Adorama** valmispritsetrooni pilt Kättesaadav: <https://www.adorama.com/dvdrnsprayht.html>
8. **Drone Volt** pritsetroon Kättesaadav: <http://www.dronevolt.com/en/expert-solutions/the-drone-in-the-service-of-agriculture/>
9. **Hobbyking, pilt Tarot 680st.** Kättesaadav: https://hobbyking.com/en_us/tarot-680pro-hexacopter-folding-frame-3k-carbon-kit.html?store=en_us
10. **EPV model** pilt Tarot 680st Kättesaadav: https://www.google.ee/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwiJdXw_IXUAhVLb5oKHdVnCH4QjhwIBQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fpvmodel.com%2Ftarot-680-pro-arf-rtf-combo_g647.html&psig=AFQjCNFZkj93UfhwiZRmUxaaxt6J-IDCBA&ust=1495627487027951&cad=rjt
11. **Helipal** Tarot 680pro hexa skelett. Kättesaadav: https://hobbyking.com/en_us/tarot-680pro-hexacopter-folding-frame-3k-carbon-kit.html?store=en_us
12. **Proplastik** alumiinium profiil. Kättesaadav: <http://proplastik.ee/alumiinium/standardprofiilid/>
13. **Pump.** Kättesaadav: <http://www.ebay.com/itm/DC-12V-24V-Micro-Vacuum-Air-Water-Pump-High-Pressure-Suction-Diaphragm-1M-Pipe-/222348372193?hash=item33c4fee8e1:g:obIAAOSwcLxYI~xs>

14. **Servomootor 3,7g.** Kättesaadav: <http://nitrorcshop.nl/blog/winkel/4pcs-lot-3-7g-mini-micro-servo-rc-plane-helicopter-boat-car-free-shipping/>
15. **Saatja/vastuvõtja** nRF24L01P. Kättesaadav: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>
16. **Eagle** allalaadimine ja kirjeldus. Kättesaadav: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>
17. **Saatja/vastuvõtja** nRF24L01P. Kättesaadav: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>
18. **ATMega 328P** kirjeldus. Kättesaadav <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P>
19. **Rõhuandur P500-30A-E1A1.** Kättesaadav: <http://www.ebay.com/itm/0-30psi-Linear-0-5-4-5V-Gas-Fuel-Air-Liquid-Pressure-Sensor-Transducer-Sender/232281562191?rt=nc&soffid=5026882203&soffType=OrderSubTotalOffer&trksid=p5731.m3795&autorefresh=true>
20. **Wireless spy Camera.** Kättesaadav: <http://www.ebay.com/itm/Wireless-Spy-Nanny-Cam-WIFI-IP-Pinhole-DIY-Digital-Video-Camera-Mini-Micro-DVR-/112411185689>
21. **MODULE IP Camera pilt.** Kättesaadav: <https://img.banggood.com/thumb/water/oaupload/banggood/images/B0/9B/47193e13-c53c-76e5-092e-70d3d28a872c.jpg>
22. **Kvaliko p500.** Kättesaadav: <http://pdf.directindustry.com/pdf/kavlico-pressure-sensors/kavlico-p500-high-performance-oem-pressure-sensor-data-sheet/39360-72009-2.html>
23. **Vector Fog** What is Ultra Low Volume (ULV) fogging? Kättesaadav: <http://www.vectorfog.com/what-is-ulv>
24. <http://tthkkesmaabi.weebly.com/anafuumlaktiline-scaronokk-ja-esmaabi.html>
25. **Vanden King** (2015) Bothering Bald faced hornets with an Action Drone AD-1. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=rQnnw8ZV4vY&t=331s>

Summary

The aim of this thesis was to design pest control drone that has refillable container and the pest control machine has its own remote system beside of the drone. One of the aim was to find also a drone what can carry this kind of payload.

The best control drone has catheter that can be moved almost 180 ° and refillable tank. The payload of the tank is a bit over 400 ml

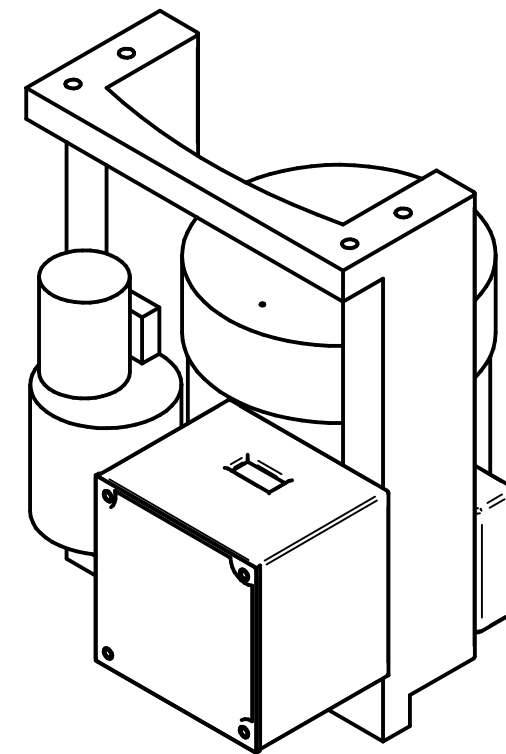
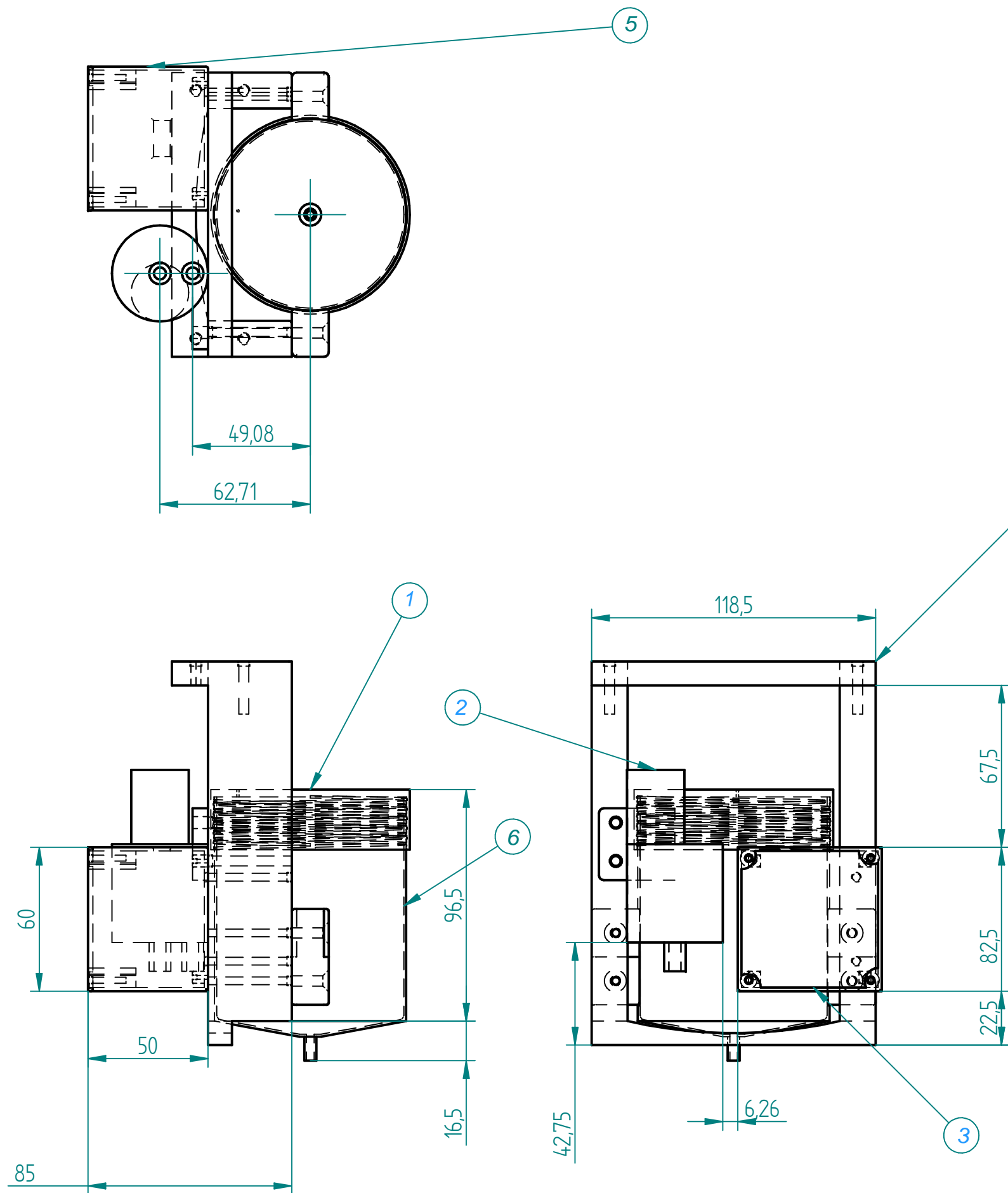
The thesis gives overview of wasp life and how it can be controlled with pesticides. It also introduces Tarot FY 680pro that has capability to lift designed pest control system. The drone is good instrument to make pest control easier because there is no need of ladders or lift anymore.

Designed product has remote control that works in 1 km radius and extra camera to see the exact place where pest control is conducted. Most of constructed parts can be 3D printed and combined afterwards.

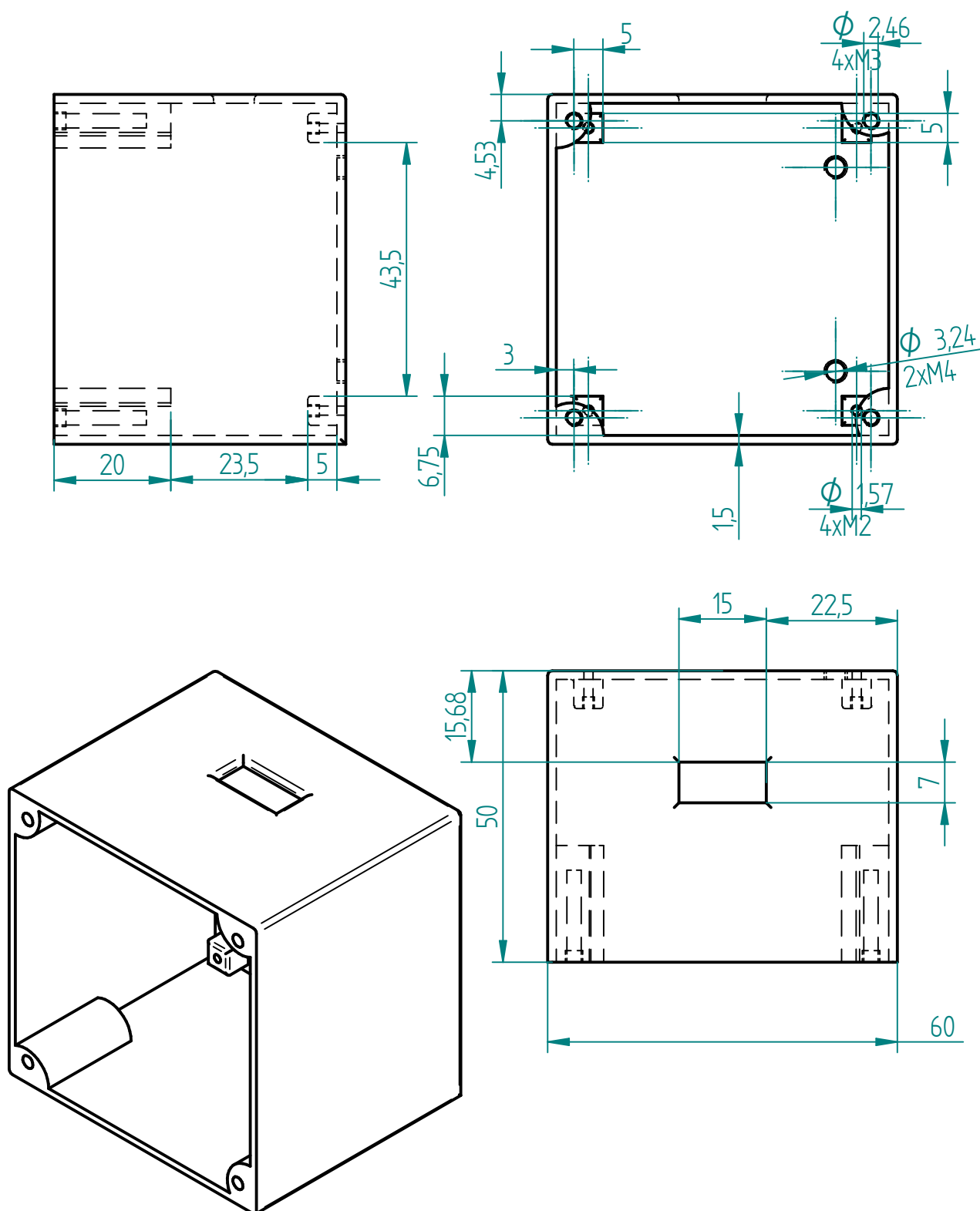
The pest control system wasn't created in real life, but this thesis creates opportunity to make prototype for further testing and construction.

LISA

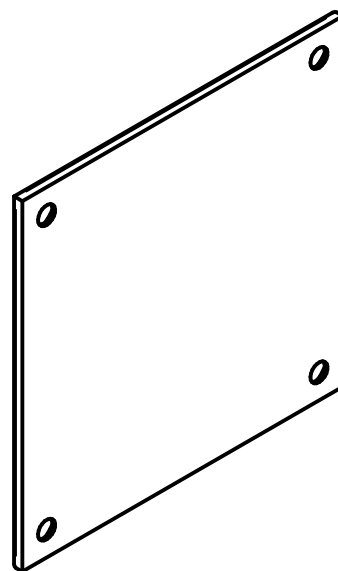
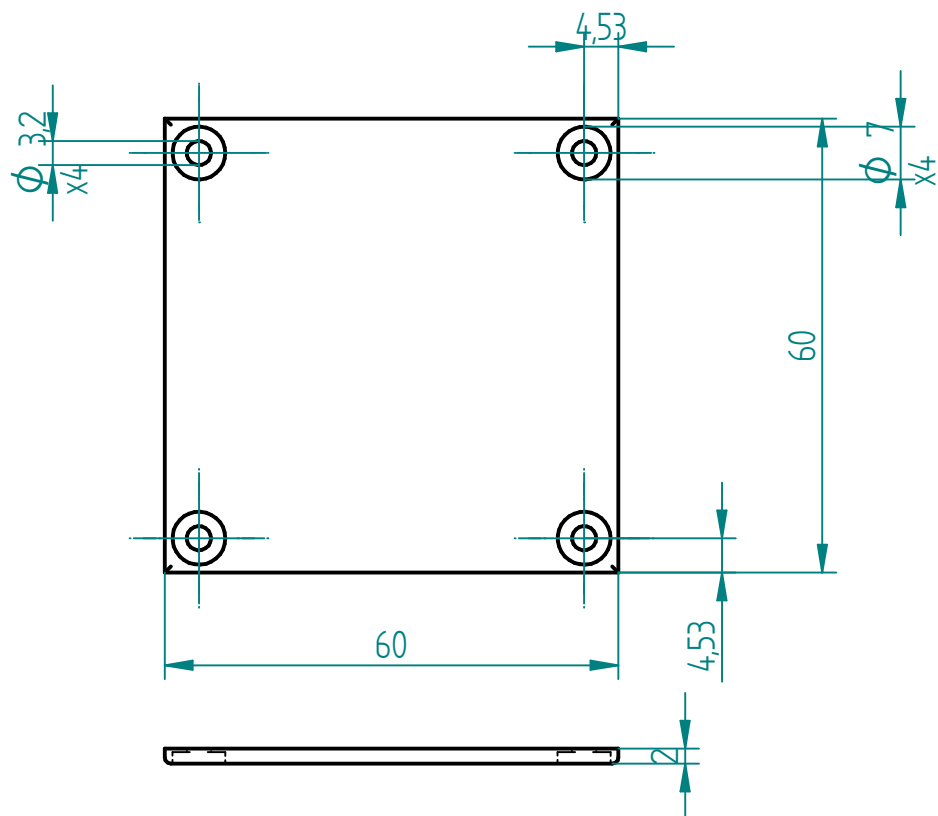
Lisa A Tehnilised joonised



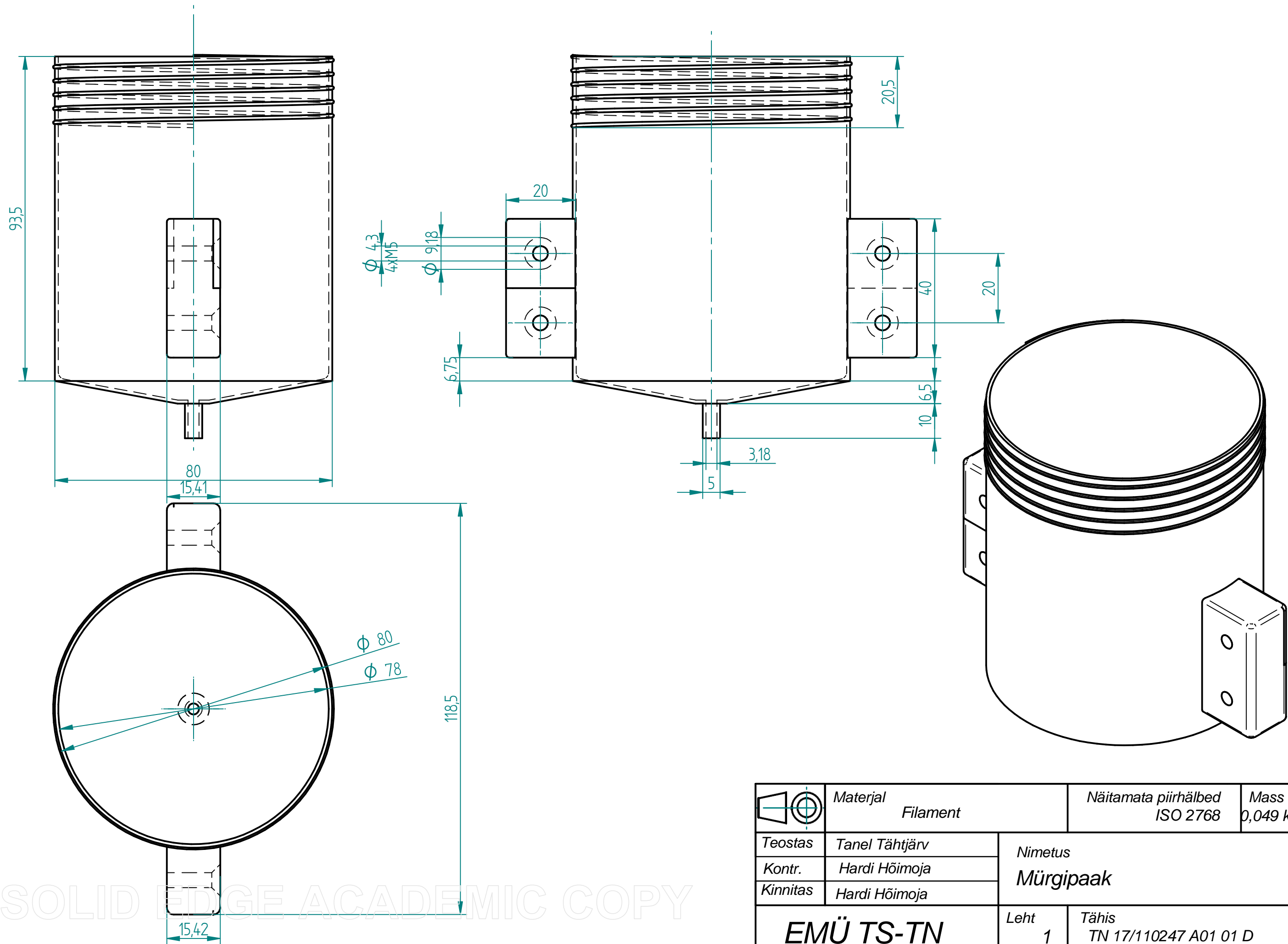
1		Mürgipaagi kork	TN 17/11047 A 01 02 D	1	
2		Pump		1	
3		Juhtelektroonika karbi kaas	TN 17/11047 A 01 04 D	1	
4		Kinnitus konstruktsioon	TN 17/11047 A 01 05 D	1	
5		Juhtelektroonika karp	TN 17/11047 A 01 03 D	1	
6		Mürgipaak	TN 17/11047 A 01 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768		Mass: 0,345kg
					Mõõt: 1:2
Teostas	Tanel Tähtjärv		Nimetus: Drooni alune pritseagregaat		
Kontr.	Hardi Hõimoja				
Kinnitas	Hardi Hõimoja				
EMÜ TS-TN			Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A 01 00 K	



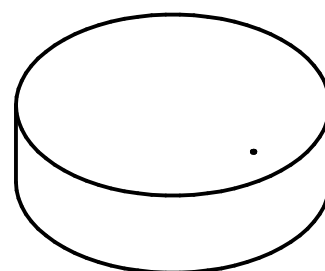
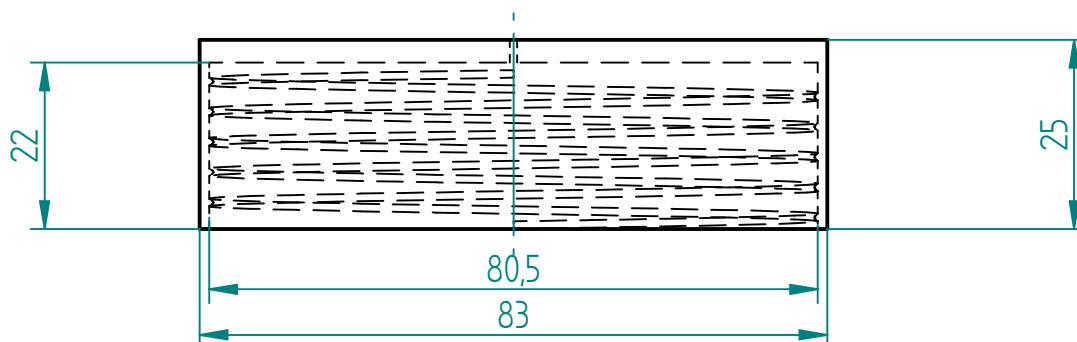
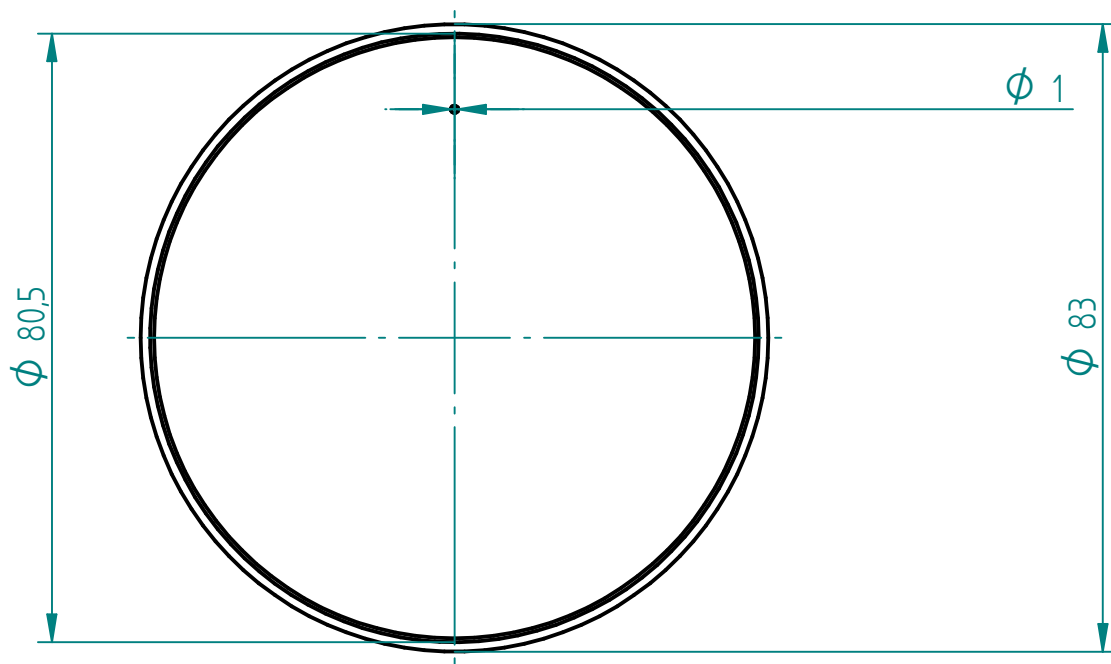
	Materjal: Filament	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,023 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Juhtelektroonika karp		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A01 03 D	



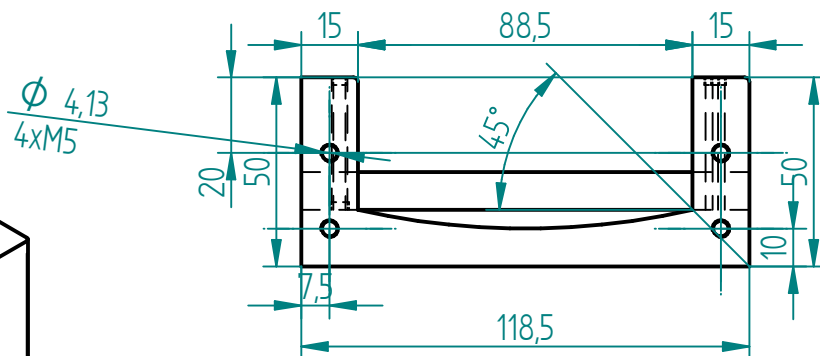
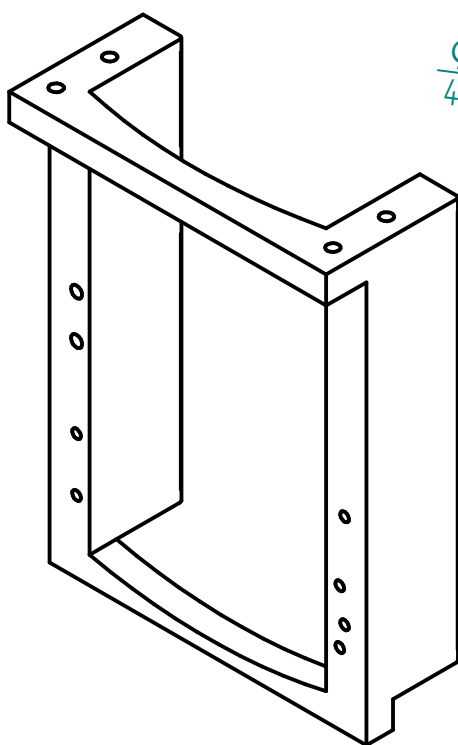
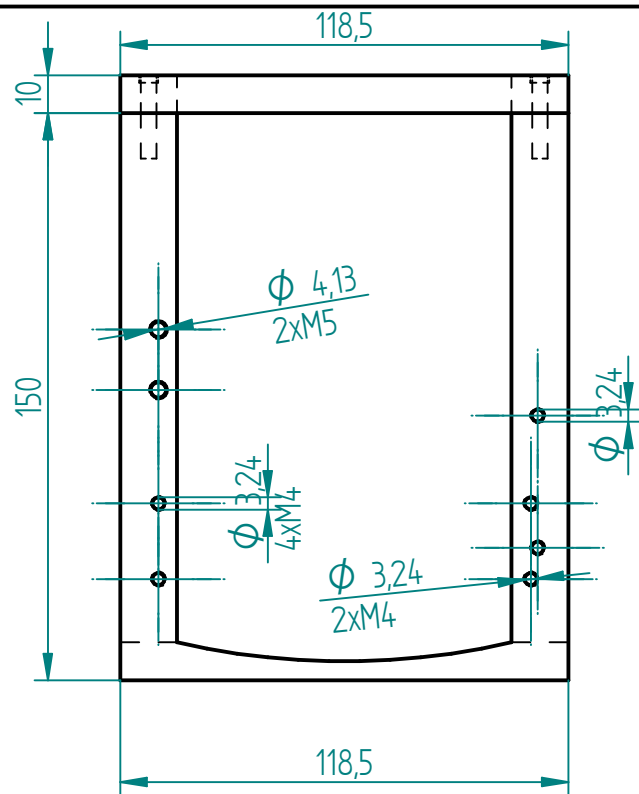
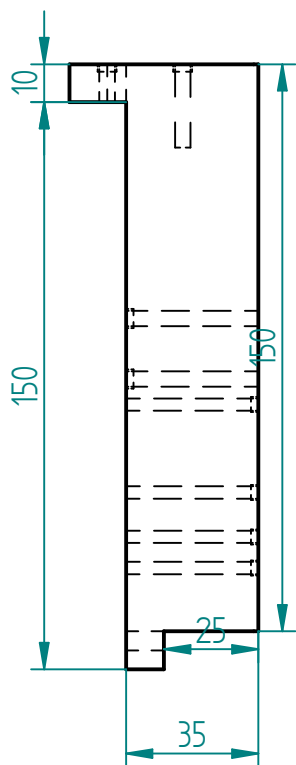
	Materjal: Filament	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass 0,006 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Juhtelektroonika karbi kaas		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A01 04 D	



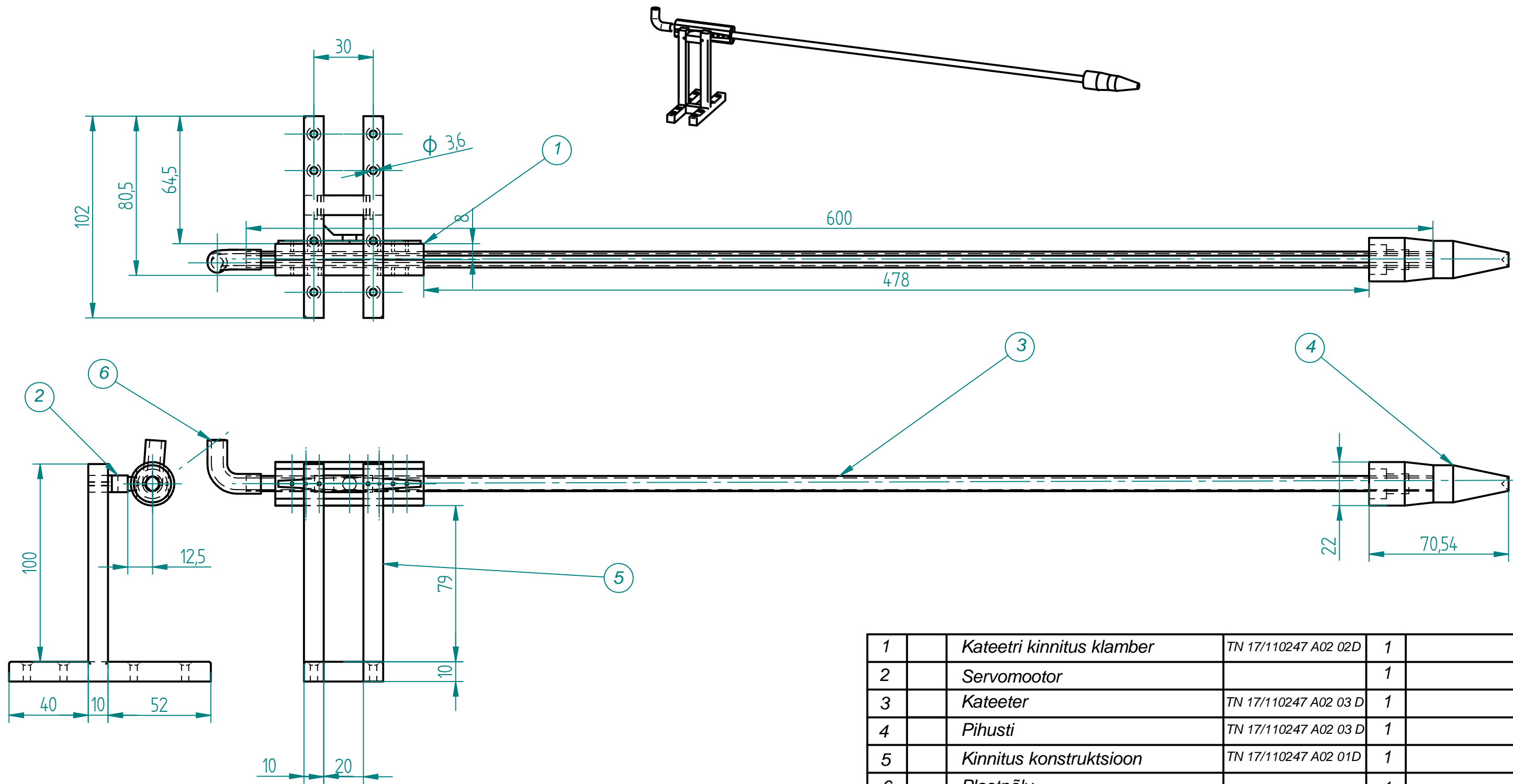
	Materjal Filament	Näitamata piirhálbed ISO 2768	Mass 0,049 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus Mürgipaak		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A01 01 D	



	Materjal: Filament	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,028 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Mürgipaagi kork		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A01 02 D	

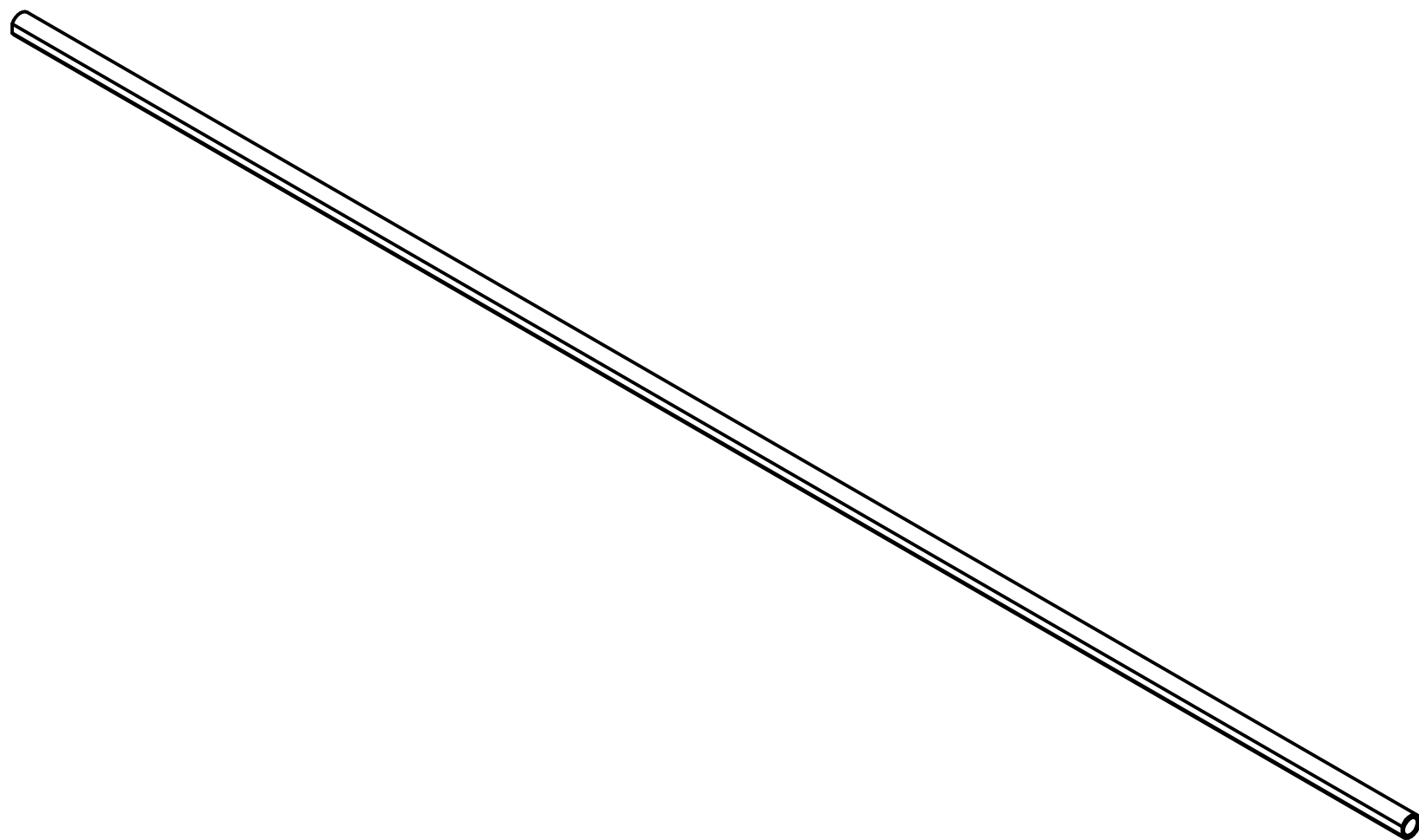
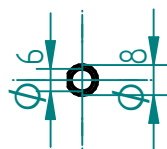


	Materjal: POM-H	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,162 kg	Mööd 1:2
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Drooni alla kinnituv konstruktsioon		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A01 05 D	



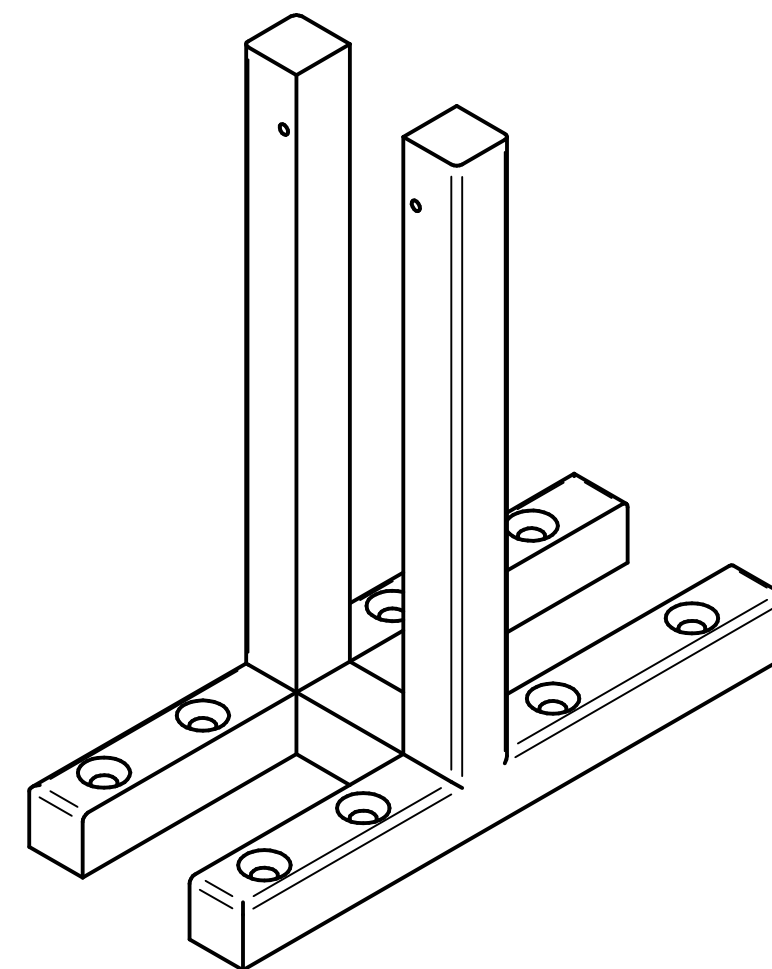
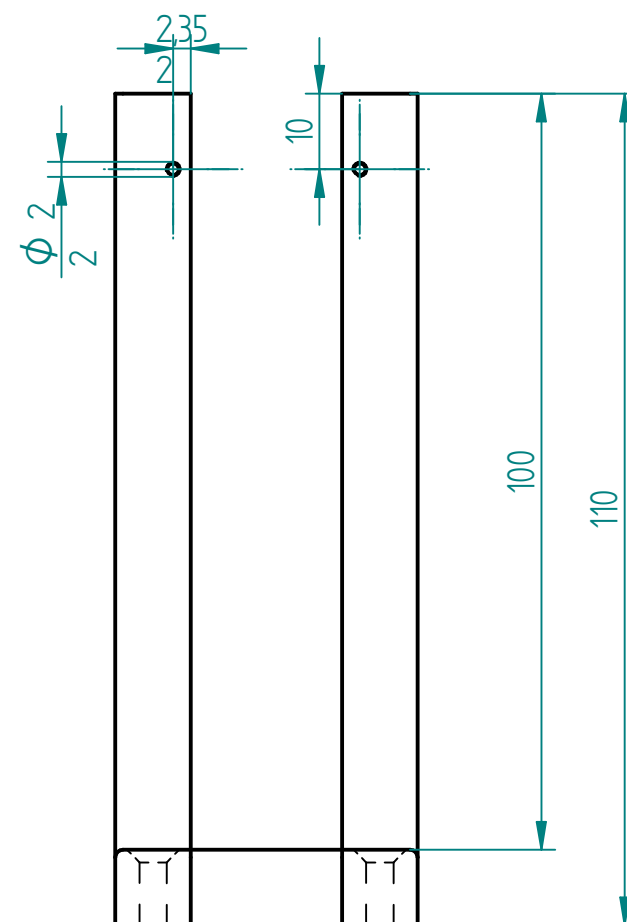
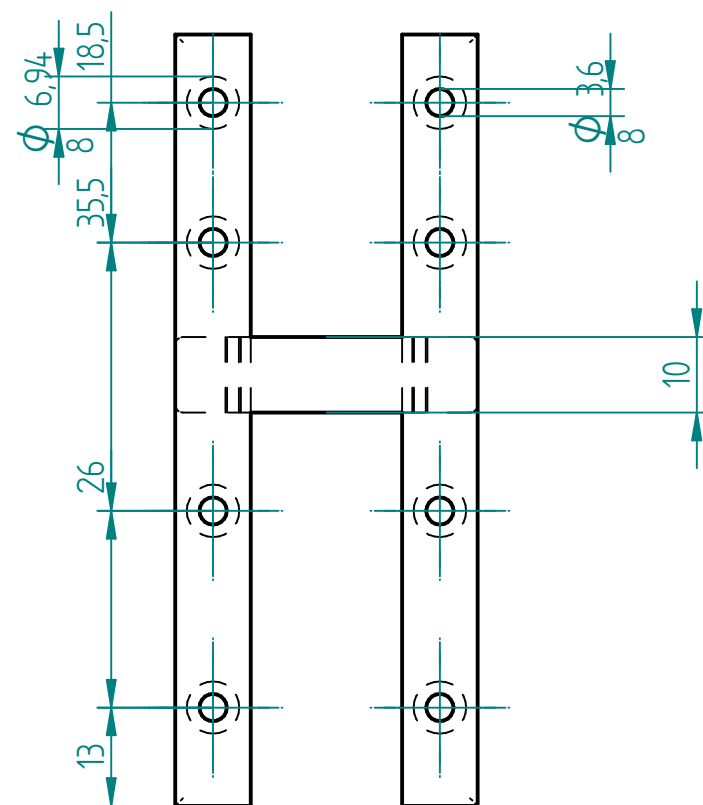
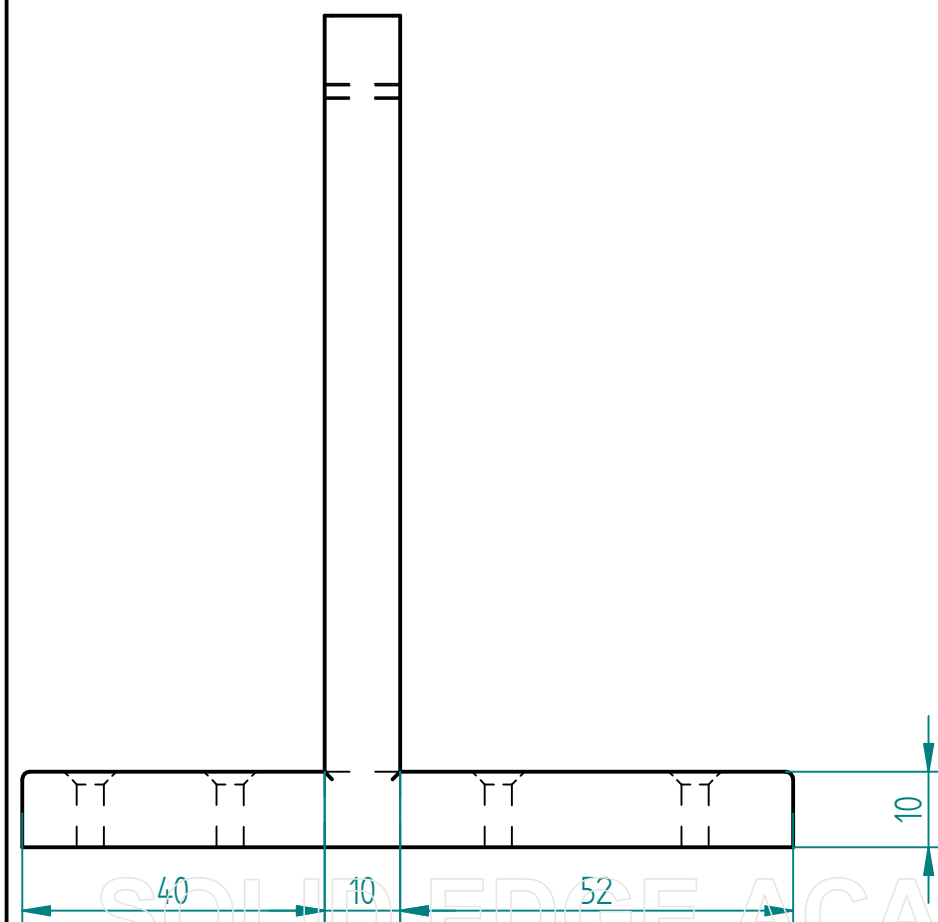
1		Kateetri kinnitus klamber	TN 17/110247 A02 02D	1	
2		Servomootor		1	
3		Kateeter	TN 17/110247 A02 03 D	1	
4		Pihusti	TN 17/110247 A02 03 D	1	
5		Kinnitus konstruktsioon	TN 17/110247 A02 01D	1	
6		Plastpõlv		1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis:	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768		Mass 0,102 kg
					Mõõt 1:2
Teostas	Tanel Tähtjärv		Nimetus: Drooni peale kinnituv pritseagregaat		
Kontr.	Hardi Hõimoja				
Kinnitas	Hardi Hõimoja				
EMÜ TS-TN			Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A 02 00 K	


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

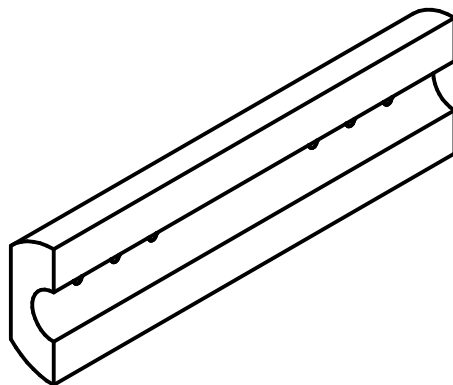
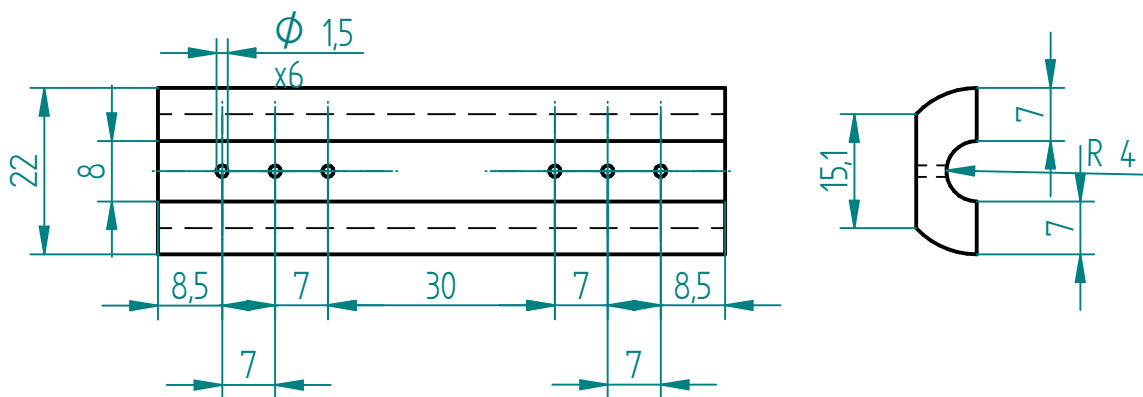


	Materjal Alumiinium		Näitamata piirhálbed ISO 2768	Mass 0,034 kg	Mõõt 1:2
	Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus Kateeter		
	Kontr.	Hardi Hõimoja			
	Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN			Leht 1	Tähis TN 17/110247 A02 03 D	

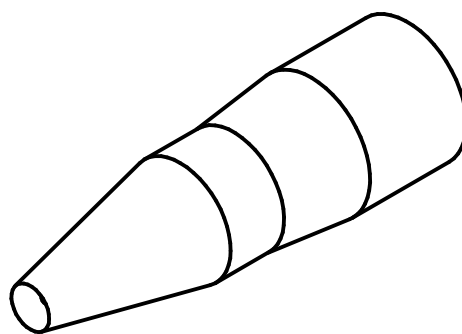
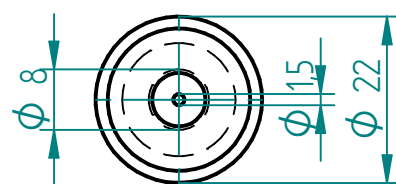
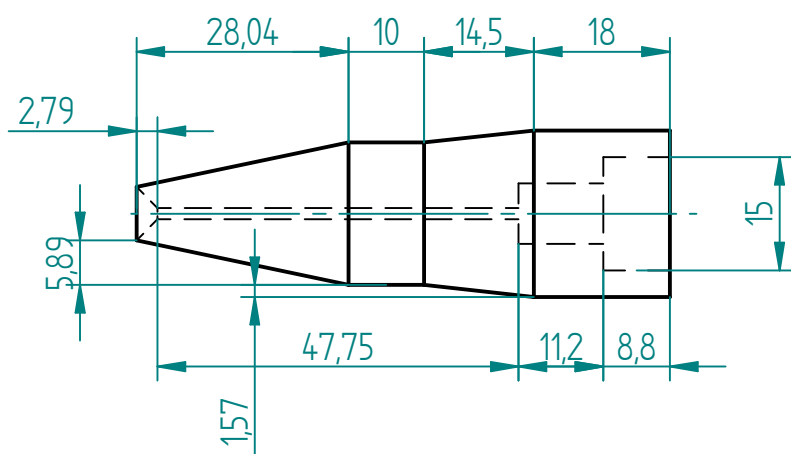
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



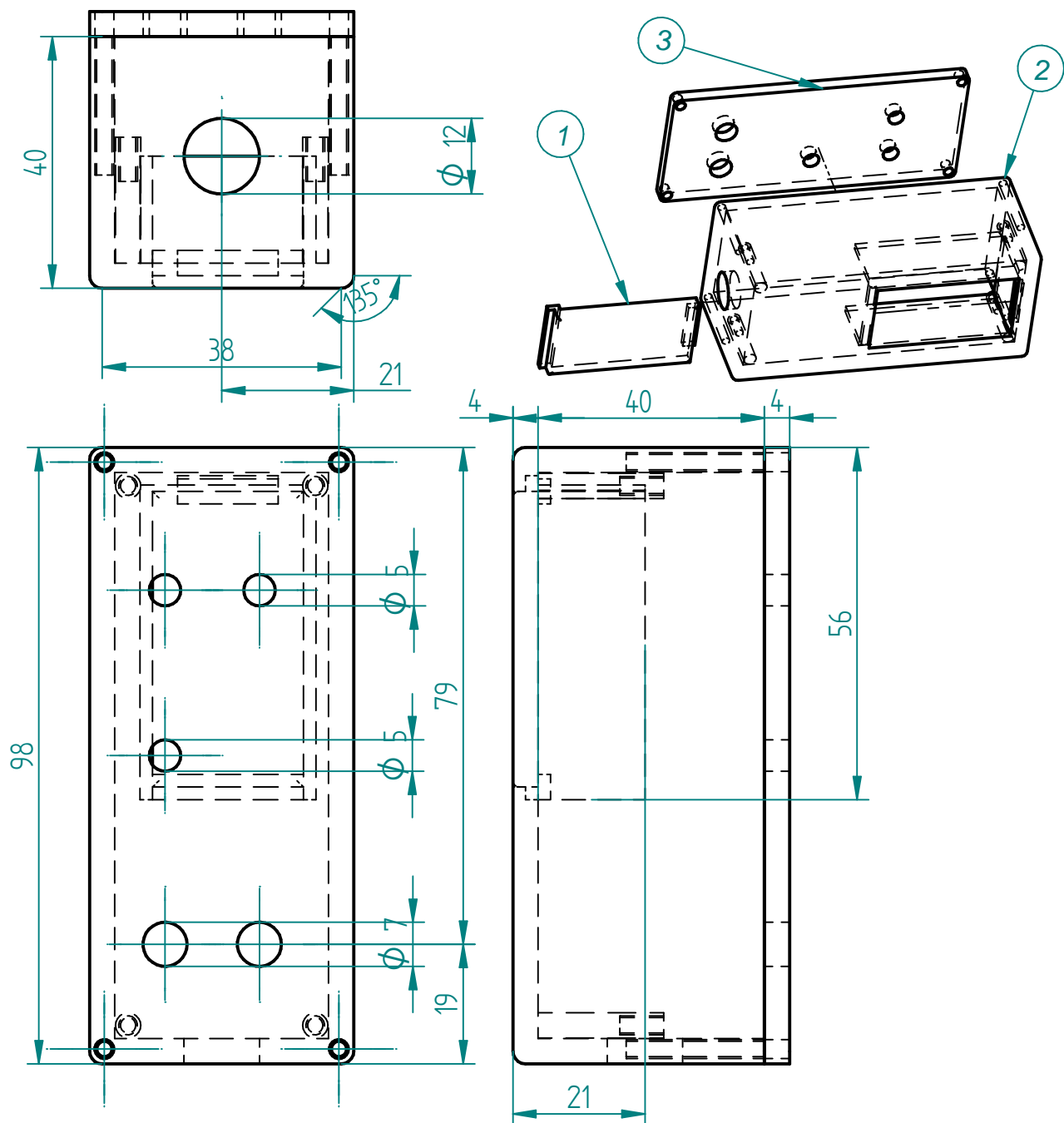
	Materjal ABS		Näitamata piirhälbed ISO 2768	Mass 0,038 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus Kinnituskonstruktsioon			
Kontr.	Hardi Hõimoja				
Kinnitas	Hardi Hõimoja				
EMÜ TS-TN			Leht 1	Tähis TN 17/110247 A02 01 D	

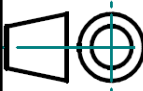


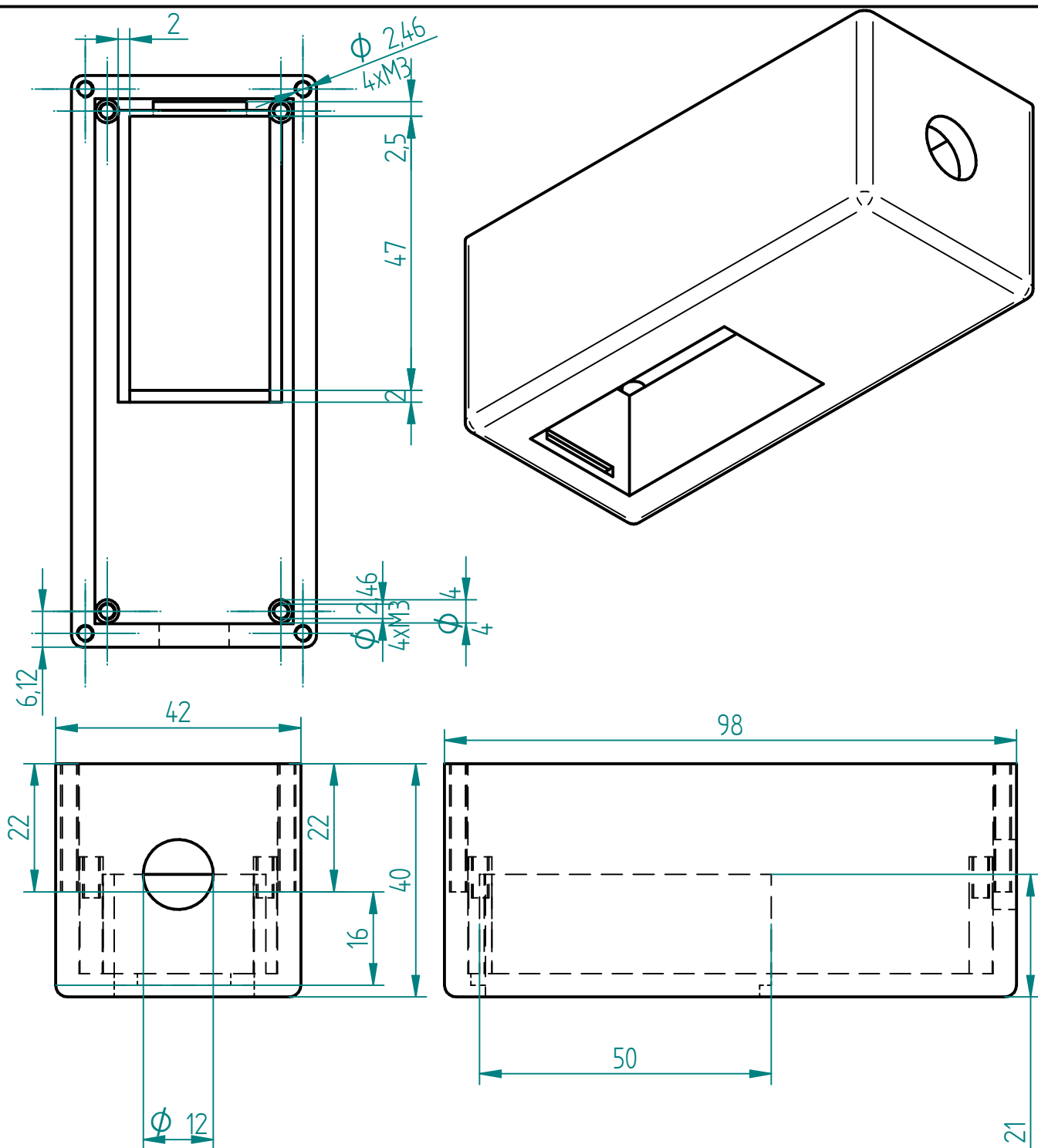
	Materjal: POM	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass 0,01 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Kateetri kinnitusklambri üks pool		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A02 04 D	



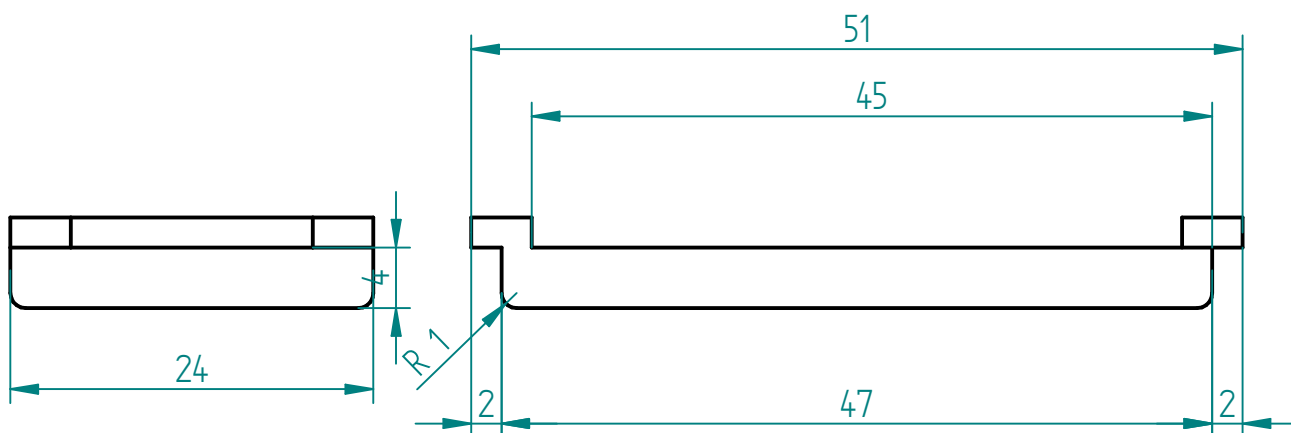
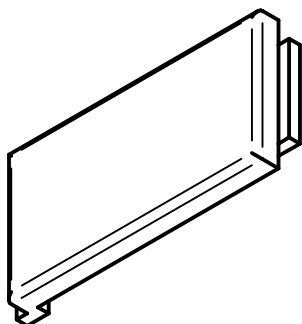
	Materjal: POM	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,015 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Pihusti		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A02 03 D	



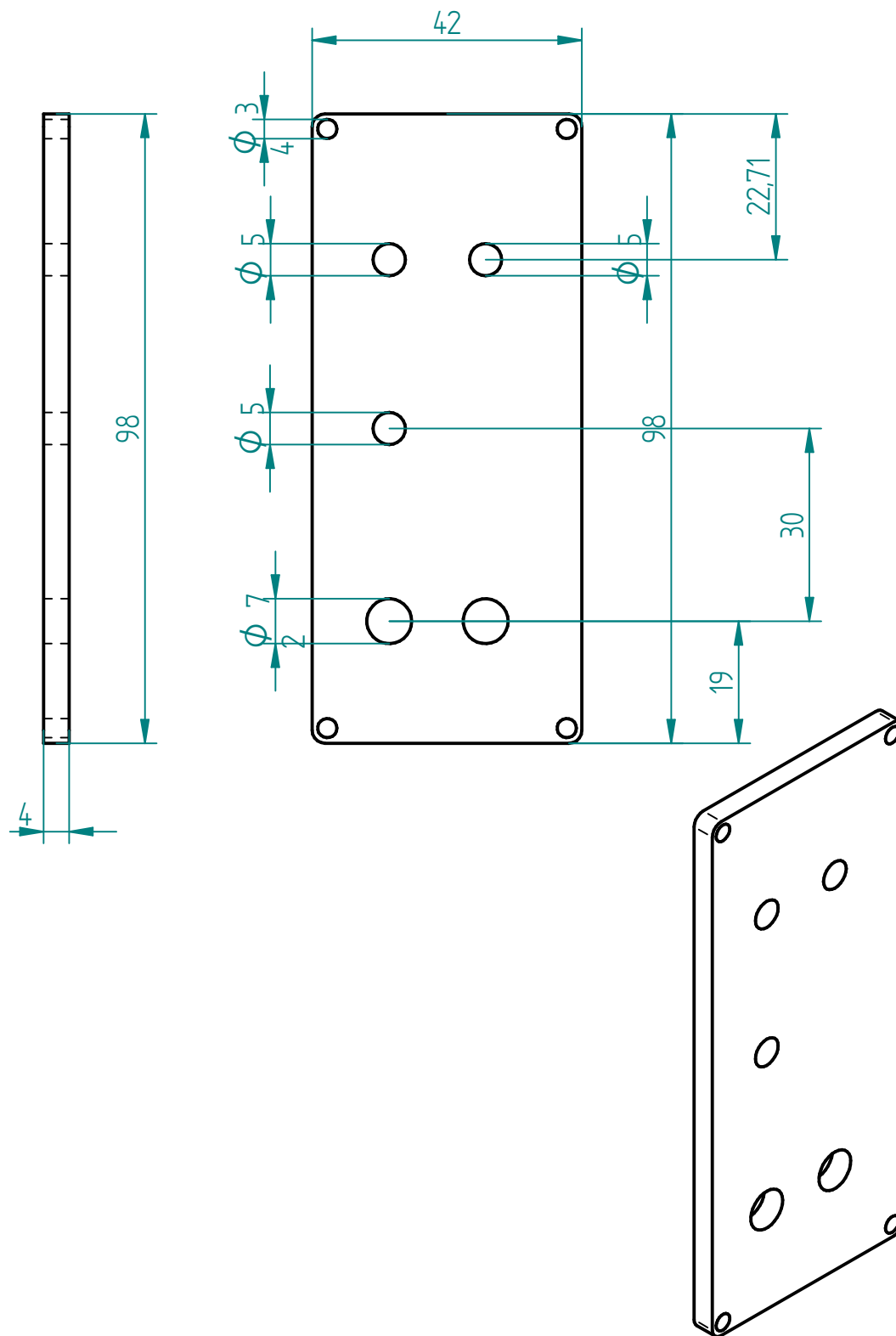
1		<i>Patarei paigaldus ava</i>	<i>TN 17/110247 A03 03 D</i>	1	
2		<i>Pulid kaas</i>	<i>TN 17/110247 A03 02 D</i>	1	
3		<i>Puldi korpus</i>	<i>TN 17/110247 A03 01 D</i>	1	
Osa	Väli	<i>Nimetus, materjal</i>	<i>Tähis</i>	<i>Hulk</i>	<i>Märkus</i>
		<i>Materjal:</i> <i>Filament</i>	<i>Näitamata piirhälbed:</i> <i>ISO 2768</i>	<i>Mass</i> <i>0,064kg</i>	<i>Mööd</i> <i>1:1</i>
<i>Teostas</i>	<i>Tanel Tähtjärv</i>	<i>Nimetus:</i> <i>Protopuldi koostejoonis</i>			
<i>Kontr.</i>	<i>Hardi Hõimoja</i>				
<i>Kinnitas</i>	<i>Hardi Hõimoja</i>				
EMÜ TS-TN		<i>Leht</i> 1	<i>Tähis:</i> <i>TN 17/110247 A03 00 K</i>		



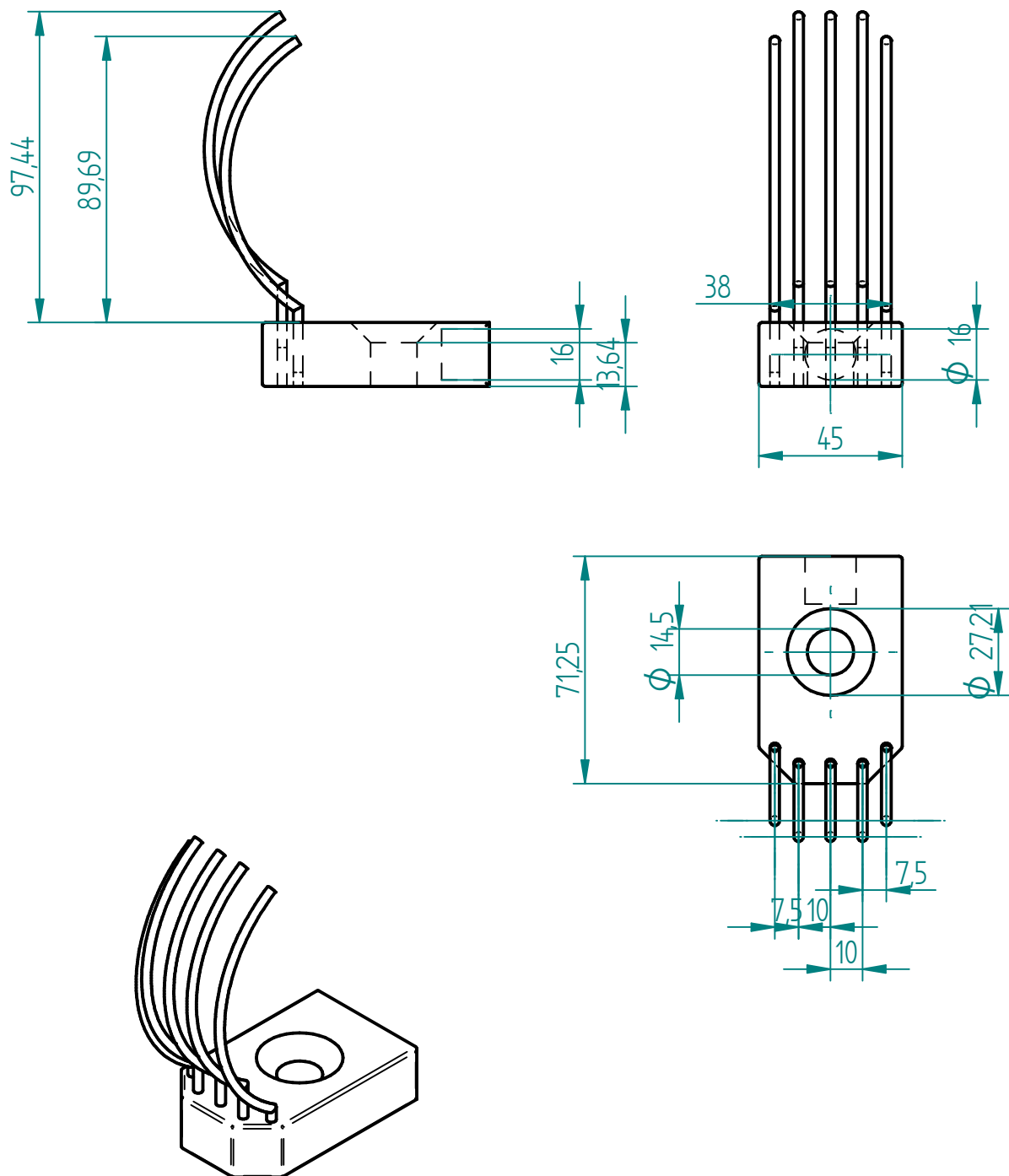
	Materjal: POM-H	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,049 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Prototüüppuldi põhiosa		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A03 01 D	



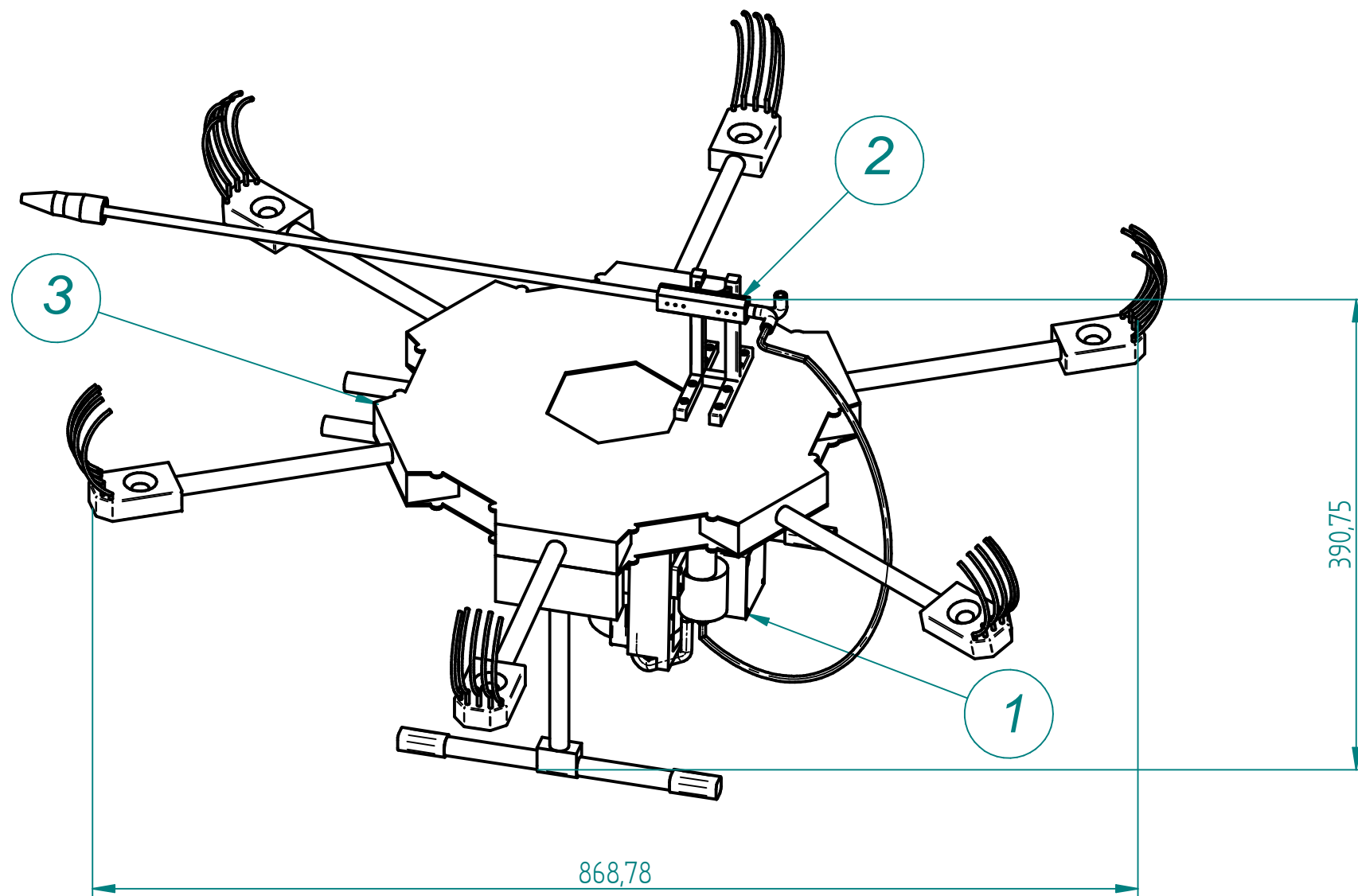
	Materjal: Polüamiid	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,004 kg	Mõõt 2:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Prototüüppuldi patarei ava kaas		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A03 03 D	



	Materjal: Polüamiid	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,014 kg	Mõõt 1:1
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Prototüüppuldi kaas		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis TN 17/110247 A03 02 D	



	Materjal: Filament	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass 0,053 kg	Mõõt 1:2
Teostas	Tanel Tähtjärv	Nimetus: Propelleri kaitse konstruktsioon		
Kontr.	Hardi Hõimoja			
Kinnitas	Hardi Hõimoja			
EMÜ TS-TN		Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A04 01 D	



1		Drooni alune pritseagregaat	TN 17/110247 A01 00K	1	
2		Drooni pealmine pritseagrekaat	TN 17/110247 A02 00K	1	
3		Hexadroon		1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhálbed		Mass
					Mõõt 1:5
Teostas	Tanel Tähtjärv		Nimetus: <i>Hexadroon koos pritseagregaatidega</i>		
Kontr.	Hardi Hõimoja				
Kinnitas	Hardi Hõimoja				
<i>EMÜ TS-TN</i>			Leht 1	Tähis: TN 17/110247 A04 00K	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning
juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Tanel Tähtjärv

(*autori nimi*)

sünniaeg 06.09.1991,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Putukatõrje droon

mille juhendaja(d) on Hardi Hõimoja

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

